

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-технічний, інженерно-фізичний  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Дослідження процесу зварювання  
горючих трубопроводів з проектуванням  
дільниць

Виконав: студент VI курсу, групи ТФФЗ-313  
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка,

Технологія та устаткування  
зварювального виробництва  
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Красень Павло Ігорович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Березний Станіслав Ігорович  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Лютова Олена Валеріївна  
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя  
2018 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний, інженерно-фізичний  
 Кафедра Об'єднання технологій зварювального виробництва  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) \_\_\_\_\_  
 Спеціальність Зварювання  
 (код і назва) \_\_\_\_\_  
 Напрямок підготовки 132 Фізико-технічна механіка  
 (код і назва) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри проф. Олександр Ковал  
 " 20 " 11 20 17 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Краєтель Давид Богданович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження процесу зварювання газових трубопроводів з проектуванням з'єднань

керівник проекту (роботи) Бережний Євген Леонідович к.т.н. доцент  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " \_\_\_\_ " \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року № \_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Марка труди, умови зварювання та експлуатації газових трубопроводів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Інтенсивність огню силою потови, та характеру руйнування.

2. Методика перевірки дослідження

3. Розроблення дослідження

4. Експлуатація газопроводів

5. Охорона праці і безпека у навчанні аспірантів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Екземпляр помітково-силового газопроводу; 2 Фотомікроскопічні зварювання труб; 3 Зварювання високовольтної зварки з'єднань; 4 Об'єднання для зварювання труб; 5 Ручки механічного зварювання; 6 Рекомендації щодо зварювання; 7 Ілюстрації проведення лабораторії; 8 Колекційне зібрання невеликих металевих зварок.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Охорона праці	Нестеров Олександр Васильович к.т.н доцент		
Екологія	Крупнікова Валентина Ізоподолішнікова к.е.н	 24.09.18	 18.12.18
Технологічний процес	Береженні Євген Александрович к.т.н. доцент		 18.12.18

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд, вивчення сучасних проблем	12.10.18-20.10.18	Виконано
2	Розробка менеджери внаслідок вивів та вивчення внаслідок внаслідок зв. з'ясування	21.10.18-3.11.18	Виконано
3	Аналіз російської мови в англомовній мові	5.11.18-16.11.18	Виконано
4	Виконання економічних розрахунків	19.11.18-23.11.18	Виконано
5	Розробка методів з опорою на історію	26.11.18-8.12.18	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	10.12.18-12.12.18	Виконано
7	Оформлення креслень	13.12.18-14.12.18	Виконано
8	Креслення доповіді	15.12.18-16.12.18	Виконано

Студент

  
(підпис)Красильнік І. І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)Євген Березенні  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ 81 с., 34 рис., 24табл., 34 джерел

Об'єкт дослідження – стикове зварне з'єднання поліетиленових труб газопроводу.

Ціль роботи – розробити методикау отримання рекомендацій режимів зварювання поліетиленових труб газопроводу для різних температур навколишнього середовища.

Метод дослідження – аналіз впливу режимів на властивості зварних з'єднань, отриманих при різних температурах навколишнього середовища.

Розроблена методика визначення режимів зварювання поліетиленових труб газопроводу для різних температур навколишнього середовища, досліджено механічні властивості зварних з'єднань, відображені питання охорони праці та цивільного захисту, виконано проект дослідницької лабораторії та розрахунок економічного ефекту.

ТРУБА, ПОЛІЕТИЛЕН, ТЕМПЕРАТУРА СЕРЕДОВИЩА, ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

## ABSTRACT

ПЗ -81 p., pic 34.,table.24, 34 s-urce.

A research object is the butt weld-fabricated connection of polyethylene pipes of gas pipeline.

Aim of work - to work out methodology of receipt of recommendations of the modes of welding of polyethylene pipes of gas pipeline for different ambient temperatures.

A research method is an analysis of influence of the modes on property of the weld-fabricated connections got at different ambient temperatures.

Worked out methodology of determination of the modes of welding of polyethylene pipes of gas pipeline for different ambient temperatures, mechanical properties of the weld-fabricated connections, represented questions of labour and civil defence protection, are investigational, the project of research laboratory and calculation of economic effect are executed.

PIPE, POLYETHYLENE, TEMPERATURE OF ENVIR-NMENT, WELD-FABRICATED CONNECTIONS, MECHANICAL PROPERTIES

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 СТАН ПИТАННЯ .....	10
1.1 Аналіз конструкції і призначення трубопроводу .....	10
1.2 Умови експлуатації.....	12
1.3 Обґрунтування використання пластикових труб для виготовлення трубопроводів.....	14
1.4 Види і характеристики пластикових труб .....	17
1.4.1 Маркіровка поліетиленових труб .....	17
1.4.2 Види поліетиленових труб .....	18
1.4.3 SDR поліетиленових труб .....	19
1.5 Руйнування зварних труб.....	21
1.5.1 Види руйнувань .....	21
1.5.2 Дефекти зварних з'єднань.....	25
2. МЕТОДИКА ТА УСТАТКУВАННЯ .....	29
2.1 Випробування на розрив і згин .....	29
2.2 Зразки для випробувань на розрив і згин .....	31
2.3 Випробування на удар .....	32
2.4 Холодильна камера.....	34
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВПРОВАДЖЕННЯ .....	36
3.1 Дослідження впливу часу нагріву при різній температурі довкілля на міцність зварного з'єднання.....	36
3.2 Випробування на удар .....	42
3.3 Вибір зварювального устаткування .....	45
3.4 Технологія зварювання пластикових труб .....	50
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	53
4.1 Тенденції розвитку світового ринку зварювальних технологій .....	53
4.2 Планування науково–дослідних робіт.....	53

4.3 Розрахунок кошторису витрат на проведення НДР .....	60
4.4 Розрахунок вартості матеріалів .....	60
4.4.1 Спеціальне устаткування для науково–технічних робіт.....	61
4.4.2 Розрахунок вартості палива і енергії .....	62
4.5 Розрахунок фонду оплати праці.....	63
4.6 Відрахування на соціальні заходи .....	64
4.7 Накладні витрати .....	64
4.8 Кошторис витрат.....	65
4.9 Бальна оцінка економічної ефективності науково–дослідної роботи.....	66
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>68</b>
5.1 Аналіз потенційних небезпек .....	68
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки .....	69
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці .....	72
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	75
5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	77
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>80</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>81</b>

## ВСТУП

Сучасна промисловість не може обійтися без такого засобу транспортування, як трубопровід. З його допомогою доставляють на досить велику відстань рідини, газу. Щоб трубопровід прослужив довго, його виготовляють з урахуванням властивостей матеріалів, для яких вони призначені. Тому сьогодні існує велика кількість технологічних, магістральних і інших комунікацій для самих різних речовин. Це порівняно недорогий вид транспортування. Як він функціонує, як організовується процес, допоможуть зрозуміти існуючі категорії трубопроводів. Є декілька різних ознак класифікації. Це дозволяє застосовувати і експлуатувати комунікації максимально ефективно. Правильне визначення категорії трубопроводу потрібне як в процесі виробництва, так і в польових умовах. Залежно від типу і умов транспортування існує велика або менша небезпека при виконанні обслуговування. По магістралі можуть передаватися сипкі, рідкі або газоподібні продукти. Спектр застосування великий. Трубопроводи можуть експлуатуватися для передачі палива (нафта, мазут, газ), хімічних реагентів (кисень, ацетилен, луг, аміак). Також за допомогою представлених комунікацій можуть транспортувати олію, воду. Ця система потрібна як домогосподаркам, так і величезним промисловим підприємствам.

Технологічні трубопроводи групують по ряду важливих ознак. За способом розміщення існують наземні, підземні і надземні види. Категорії і групи технологічних трубопроводів виділяють за ознакою тиску у середині системи, а також температури речовини, що транспортується. У першому випадку системи бувають безнапірні, вакуумні, а також низького, середнього або високого тиску. За принципом робочої температури бувають креагенные, холодні, нормальні або гарячі трубопроводи. Також існують вироби, розраховані на дуже сильні нагріву речовини, що транспортується. Існуюча класифікація трубопроводів за категоріями враховує особливості цього



різновиду системи. Комунікації промислового транспортування групують відповідно до агресивності внутрішнього середовища. Бувають труби для неагресивних, слабких, середніх і високоагресивних речовин. На виробництві застосовують найчастіше різні неметалічні матеріали для створення системи. Найвідомішим з них є поліпропілен. Характерною особливістю цієї групи матеріалів вважається тривалий термін експлуатації, а також простота складання і обслуговування. Проте ефективність використання таких матеріалів залежить від вибору виробів відповідно до умов експлуатації. Для кожного технологічного процесу сьогодні розроблені особливі категорії трубопроводів. Розглядаючи існуючі категорії трубопроводів, слід приділити увагу побутовим системам. Їх основним призначенням є транспортування рідин або газів по системах опалювання, життєзабезпечення. По них також подають холодну, гарячу воду, пару, газ, хімічні реагенти для обслуговування котельного устаткування і т. д. По таких трубопроводах можуть передавати луги, кислоти, олію, нафтопродукти. Показники тиску, температури, агресивності середовища обов'язково враховуються при виробництві кожної категорії виробів. Причому до уваги беруть максимально можливі значення перерахованих показників.

## 1 СТАН ПИТАННЯ

### 1.1 Аналіз конструкції і призначення трубопроводу

Трубопроводами називаються пристрої, які служать для транспортування рідких, газоподібних і сипких речовин. Трубопроводи складаються із сполучених між собою прямих ділянок труб, деталей трубопроводів, замочно-регулюючої арматури, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики, опор і підвісок, кріпильних матеріалів, прокладень і ущільнень.

Технологічними трубопроводами називаються такі трубопроводи промислових підприємств, по яких транспортуються сировина, напівфабрикати і готові продукти, пара, вода, паливо, реагенти і інші матеріали, що забезпечують ведення технологічного процесу і експлуатацію устаткування; відпрацьовані реагенти і гази, різні проміжні продукти, отримані і використані в технологічному процесі.

У проектній документації і технічній літературі прийняті наступні назви окремих складових трубопроводу[2] :

-лінія — ділянка трубопроводу, що сполучає між собою апарати, установки, цехи і інші лінії з апаратами, установками, цехами.

-узел— частина лінії трубопроводу, що складається з декількох елементів, зібраних між собою на роз'ємних і нероз'ємних з'єднаннях.

Вузли підрозділяються на:

-плоскі, такі, що складаються з декількох елементів, розташованих в одній площині;

-просторові, такі, що складаються з декількох елементів, розташованих в двох і більше площинах.

Елемент — частина вузла трубопроводу, що підлягає самостійному виготовленню; вона складається з гнутих ділянок або прямих відрізків труб і деталей.

Деталь — елементарна частина трубопроводу, що не має з'єднань, наприклад відведення, фланець, відрізок труби, трійник, заглушка, перехід, а також окремі вироби, що входять в конструкцію трубопроводу, — метизи, компенсатори, арматура, опори, підвіски та ін.

Блок — лінія або частина лінії трубопроводу, що складається з вузлів, зібраних на роз'ємних і нероз'ємних з'єднаннях. Укрупнення вузлів у блоки роблять перед монтажем.

Секція — одновісний вузол, що складається з декількох зварених між собою труб одного діаметру, вісь яких складає одну пряму лінію.

Батіг — декілька зварених між собою секцій(зварювання секцій у батіг робиться на місці прокладення трубопроводу).

Складність і трудомісткість виготовлення і монтажу технологічних трубопроводів визначаються:

- характером середовищ, що транспортуються, і продуктів (вода, пара, нафта, нафтопродукти, газ, спирти, кислоти, луги, тверді сипкі речовини);

- різноманітністю робочих умов : температура від — 200 З до +1500 З і вище і тиск від вакуума— 35 мм рт. ст. до 1800 кгс/см<sup>2</sup>и вище;

- розташуванням трубопроводів : в траншеях, каналах, лотках на стойках, естакадах, етажерках, на технологічному устаткуванні, а також на різних висотах і часто в умовах, незручних для виробництва робіт;

- складністю конфігурації обв'язування апаратів і устаткування, великою кількістю роз'ємних і нероз'ємних з'єднань, трубопровідної арматури, деталей, компенсаторів, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і опорних конструкцій.

Технологічні трубопроводи залежно від тиску середовища, що транспортується, розрізняють: вакуумні(нижче 1кгс/см<sup>2</sup>), низького тиску(від 1 до 15 кгс/см<sup>2</sup>), середнього тиску(від 16 до 100кгс/см<sup>2</sup>), високого тиску і безнапірні, т. е. працюючі без надмірного тиску.[3,4]

По роду продуктів, що транспортуються, технологічні трубопроводи діляться на газопроводи, водопроводи, паропроводи, кислотопроводи,

щелочепроводи, маслопроводи, бензопроводи, нафтопроводи, рассолопроводи та ін. Газопроводи, у свою чергу, підрозділяються на повітряні(повітропроводи), ацетиленові, кисневі, аміачні, хлорні.

Продукти, що транспортуються по трубопроводах, по мірі агресивності розділяються на наступні:

-неагресивні і малоагресивні, такі, що викликають корозію, швидкість якої не перевищує 0,1мм в рік;

-среднеагрессивные, що викликають корозію, швидкість якої знаходиться в межах від 0,1 до 0,5мм в рік;

-високоагресивні, такі, що викликають корозію, швидкість якої вище 0,5 мм в рік.

Технологічні трубопроводи залежно від місця їх розташування розділяються на внутрішньоцехові, сполучаючі між собою окремі апарати і машини в межах однієї установки, цехи і міжцехові, сполучаючі між собою окремі установки, цехи.

## 1.2 Умови експлуатації

Трубопроводи експлуатуються в складних умовах. Їх елементи знаходяться під впливом внутрішнього тиску робочого середовища; ваги труб, арматури і теплової ізоляції; напруги самокомпенсації, що виникає в результаті теплового розширення.

Внутрішній тиск в трубопроводах викликає напругу розтягання, а навантаження — напругу вигину.

Під дією теплових розширень виникають зусилля, що вигинають і стискають, в трубопроводах, розташованих в одній площині, а стискування, вигин і кручення — в просторових трубопроводах.

Безаварійна робота паропроводів залежить як від умов їх експлуатації і прийнятих проектних рішень, так і від якісного виконання монтажних і ремонтних робіт.

Порушення нормального режиму експлуатації трубопроводів веде до додаткової напруги. Включення трубопроводу в роботу викликає зміну напруги внаслідок нерівномірного нагріву його елементів.

Небезпечні затискання елементів трубопроводу, які перешкоджають вільному розширенню при нагріві.

При зміні довжини під впливом температури в трубопроводі виникає велика термічна напруга, яка може викликати його руйнування. Тому для сприйняття теплового подовження трубопроводу встановлюються П-образні або ліровидні компенсатори.

Наявність конденсатора в трубопроводі може викликати гідравлічні удари. Гідравлічні удари і ушкодження поживних трубопроводів можуть бути із-за не щільності зворотних клапанів, заповнення їх без випуску повітря з верхньої частини трубопроводу або неправильної роботи поживного насоса, при якій тиск в нагнітальному трубопроводі різко змінюється.

Щоб уникнути гідравлічних ударів усі ділянки трубопроводів, які можуть бути відключені замочними органами, забезпечуються дренажними пристроями для видалення конденсату.

Конструкція дренажних пристроїв повинна передбачати можливість контролю за їх роботою в період прогрівання трубопроводу. Дренажні клапани встановлюються в нижніх кінцевих точках трубопроводів, а також в місцях його підйомів, а на горизонтальних ділянках — через кожні 100-150 м залежно від діаметру трубопроводу. У верхніх точках трубопроводів передбачається установка воздушників для видалення повітря.

В процесі експлуатації матеріал трубопроводів зазнає зміни під тиском навантажень і високої температури, які призводять до зниження його

міцності і скорочення терміну служби. Крім того, зниження міцності викликається циклічною напругою.

Під дією внутрішнього тиску і високих температур при тривалій експлуатації може відбуватися поступове збільшення діаметру і зменшення товщини стінки трубопроводів. [5]

Причинами утворення тріщин і розривів трубопроводів є вади в матеріалі, дефекти і неправильна термообробка стиків, неправильне гнуття і монтаж, а також гідравлічні удари.

Практика показує, що тріщини і розриви труб утворюються в основному в місцях вигину, околошовної зоні, на дефектних ділянках, причиною їх може бути також погана якість, зварних швів.

Ушкодження трубопроводів виникають і від перевищення в них допустимого тиску, якщо на них не встановлені (чи несправні) запобіжні пристрої.

Експлуатаційна надійність трубопроводів залежить від якості зварних з'єднань, стану їх деталей і елементів, працездатності опорно-підвешної системи кріплень, від правильного вибору марки матеріалу з урахуванням умов роботи, технології виготовлення труб і виробів (колін, трійників, гибов).

### 1.3 Обґрунтування використання пластикових труб для виготовлення трубопроводів

Застосування поліетилену для виробництва труб газу і водопостачання привело до корінних змін індустрії будівництва трубопроводів по всьому світу. У переважній кількості країн більше 90% трубопровідних розподільних систем, що знову вводяться в лад, для газу і води виготовлені з поліетилену. І це закономірний результат тих добре відомих і численних

переваг, які має поліетилен в порівнянні з традиційними жорсткими матеріалами.

Основні переваги використання поліетиленових трубопроводів перед металевими наступні[6]:

- довговічність - гарантований термін експлуатації поліетиленових трубопроводів складає 50 років, розрахунковий термін до 150 років;

- корозійна стійкість - фізичні і хімічні властивості поліетилену гарантують прекрасну герметичність і високу стабільність під впливом агресивних речовин, що знаходяться в ґрунті і в середовищі, що транспортується, впродовж усього терміну експлуатації. Поліетиленові трубопроводи не схильні до заростання внутрішньої поверхні продуктами корозії і карбонатними відкладеннями. В результаті заростання внутрішньої поверхні пропускна спроможність металевих труб знижується через п'ять років експлуатації, залежно від групи води, на 10- 48%, через десять років - на 14-57%, через 20 років - 20-68%;

- опірність блукаючим струмам - поліетиленові трубопроводи не схильні до дії блукаючих струмів, у свою чергу металеві трубопроводи часто пробиваються ім. Поліетилен має хороші електроізоляційні властивості;

- швидкість і економічність монтажу - для зварювання поліетиленових труб не потрібно важку техніку. Зварювати труби може бригада з 1-2 чоловік. Значно нижче споживання електроенергії або палива в порівнянні із зварюванням сталевих труб. А застосування так званих «довгомірних труб»(на котушках або у бутах) знижує кількість зварних з'єднань в 50-100 разів. Усе це значно прискорює будівництво поліетиленових трубопроводів і знижує вартість монтажу. Крім того, труби з поліетилену легше сталевих в 2-4 рази і тому переміщення при монтажі не вимагають вантажопідіймальних механізмів.

- підвищена пропускна спроможність - збільшення пропускної спроможності поліетиленових труб наростає з часом з двох причин. По-перше, діаметр поліетиленових труб збільшується в процесі експлуатації без

втрати працездатності за рахунок характерного для поліетилену явища повзучості. Це збільшення складає 1,5% за перші десять років і 3% за увесь термін служби трубопроводу. По-друге, внутрішня поверхня поліетиленової труби з часом стає м'якшою і гладшою, внаслідок набрякання граничного шару полімеру і виникнення специфічного поверхневого ефекту еластичності, який покращує умови обтікання стінки труби і знижує опір руху. Гладкість полімерних труб на 30 % вища, ніж сталевих, завдяки чому відбувається зниження втрат тиску в трубах. Це дає можливість - використати поліетиленовий трубопровід діаметром на один сортамент менше в порівнянні із сталевим, що природно веде до економії грошових коштів при укладанні трубопроводу;

- економія на ізоляції - для прокладення підземних трубопроводів із сталевих труб потрібно ізоляцію поверхні труб полімерними плівками або бітумною мастикою. Усі види поліетилену - погані провідники тепла, завдяки чому виготовленим з них трубопроводам не потрібно ті об'єми ізоляції, які необхідні для металевих труб. Теплопровідність поліетиленових труб в 175 разів менша, ніж у сталевих, і в 1300 разів менше, ніж мідних труб. При виборі матеріалу для прокладення трубопроводу слід врахувати, що вартість поліетиленової труби нижче ізольованої сталевий труби;

- безпека - труби для господарсько-питного водопостачання виготовляють з поліетилену марок, дозволених органами охорони здоров'я. Поліетиленові водопроводи токсикологічно і бактеріологічно безпечні, їх внутрішній шар не виділяє у воду ніяких шкідливих домішок;

- поліетиленові труби дуже "малошумні", вони глушать звук протікання продукту, що не властиво металевим трубопроводам;

- на зовнішній поверхні поліетиленових трубопроводів практично не спостерігається явище конденсації вологи;

- температурний інтервал експлуатації поліетиленових трубопроводів від мінус 45°C до плюс 60°C.

Основні переваги зведено у табл. 1.1



Таблиця 1.1 - Переваги поліетиленових труб[6]

Параметри	Сталева труба	ПЕ труба
Гарантійний термін експлуатації	До 5 років	50 років
Ізоляція труб	вимагається	не вимагається
Електрозахист	вимагається	не вимагається

Такі основні якості як довговічність, економічність, скорочення часу будівництва, стійкість до агресивних середовищ, еластичність матеріалу, безпеку все частіше примушують робити вибір на користь саме поліетиленових труб при будівництві трубопроводів різного призначення.

#### 1.4 Види і характеристики пластикових труб

##### 1.4.1 Маркіровка поліетиленових труб

З метою ідентифікації виробів виробником здійснюється маркіровка поліетиленових труб. Вона наноситься на зовнішню їх поверхню з інтервалом в 1 м(іноді менш) і включає дані:

- найменування заводу-виготівника(може бути замінено нанесенням товарного знаку);
- умовне позначення виробу;
- дата випуску.

Додатково виробник може вказати номер партії або лінії, рис. 1.1..

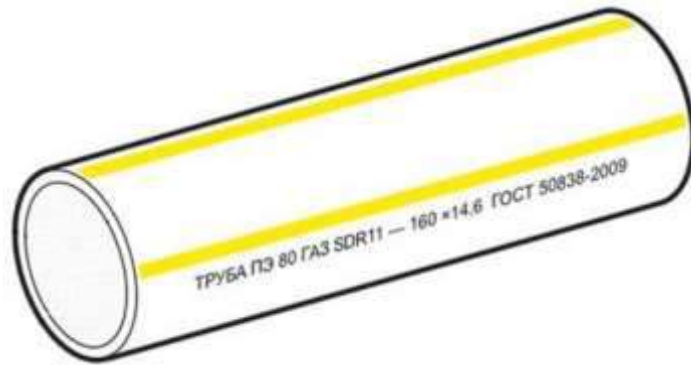


Рисунок 1.1 - Маркіровка поліетиленової труби

Умовне позначення поліетиленових труб містить в собі усі основні характеристики і виглядає таким чином:

- слово «труба»;
- марка поліетилену, з якого виріб зроблений;
- призначення («газ» або «питна»);
- SDR (з таблиці сортаменту);
- знак «тире»;
- номінальний діаметр виробу;
- товщина стінок труби;
- назва використовуваного при виробництві Госту.

#### 1.4.2 Види поліетиленових труб

Труби ПЭ 80 і ПЭ 100 призначені для газопроводів, що транспортують горючі гази, що використовуються як сировина і паливо для промислового і комунально-побутового використання [7, 8, 9].

Труби марки ПЭ 80 здатні витримати тиск в 8 МПа в течії 50 років і

звичайно ж при цьому не ушкодившись.

Поліетиленові труби марки ПЭ 100 здатні витримати тиск в 10 МПа в течії 50 років і так само без втрати своїх якостей.

ПЭ 100 — це вдосконалений ПЭ 80. Щільність ПЭ 100 вища, ніж у ПЭ 80, а це означає, що труба з ПЭ 100, розрахована на певний робочий тиск, має товщину стінок значно меншу на відміну від труби з ПЭ 80, для такого ж робочого тиску в трубі [2]. Окрім збільшення пропускної спроможності ПЭ 100 перед ПЭ 80, зменшується час зварювання і знижується вага.

За своїми властивостями матеріал ПЭ 100 придатніший для виробів великих розмірів, а ПЭ 80 — для виробів менших розмірів. Поліетиленові труби особливо зручні для реновації трубопроводів безтраншейним способом, а система дуже гнучких труб з ПЭ 80 має особливі переваги при укладанні в складних умовах, наприклад по морському або озерному дну.

### 1.4.3 SDR поліетиленових труб

Одним з важливих показників, які характеризують поліетиленові труби, є стандартне відношення розмірів або SDR(Standart Dimensi-n Rati-) [3]. Цей параметр є відношенням зовнішнього діаметру(номінального) до товщини стінки(також номінальною) :

$$SDR = \frac{d}{s}$$

де  $d$  - зовнішній діаметр, мм;

$s$  - товщина стінки, мм

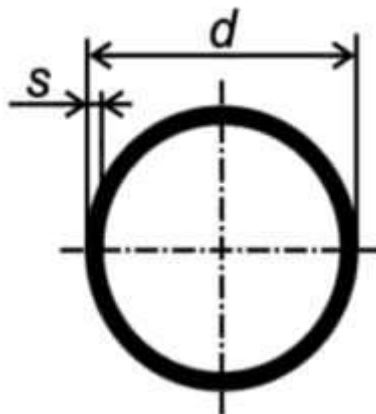


Рисунок 1.2 - Співвідношення SDR

Очевидно, що зі збільшенням SDR зменшується товщина стінки труби, і навпаки, товщина стінки поліетиленової труби тим більше, чим менше значення SDR, табл. 1.2. Хоча на практиці показник SDR - це стандартний параметр, що набуває значень згідно з таблицею.

Таблиця 1.2 - Залежність товщини стінки труби від зовнішнього діаметру [8]

Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки труби, мм		
	SDR9	SDR11	SDR17.6
32	--	3.0	--
63	7.6	5.8	3.6
90	10.1	8.2	5.2
110	12.3	10	6.3
160	17.9	14.6	9.1
225	25.2	20.5	12.8
315	35.2	28.6	17.9

## 1.5 Руйнування зварних труб

### 1.5.1 Види руйнувань

Таке явище, як розтріскування, під напругою виникає із-за повільно зростаючих тріщин, які можуть утворюватися внаслідок напруги в матеріалі, рис. 1.5. Широко відомо, що довговічність напірних ПЭ труб залежить від їх стійкості до тріщинообразованню.

Подібного роду uszkodження може також виникати у будь-яких зварних з'єднаннях.

Дослідження труб з ПЭ високої щільності показали, що розтріскування під напругою є одним з трьох основних типів руйнувань ПЭ труб.

В'язке руйнування, тип I, виражається в плинності і свідчить про схильність матеріалу сильної безповоротної пластичної деформації, що виникає під напругою. В результаті відбувається локальне розширення ділянки стінки і кінець кінцем розрив деформованої зони [9, 10, 11, 12].



Рисунок 1.5 - Розрив деформованої зони в локальному розширенні ділянки

Руйнування II типу пов'язане з повзучістю, руйнуванням при повзучості і розтріскуванням під напругою, рис. 1.6. Повзучість - залежна від часу безповоротна деформація в умовах постійної розтягуючої напруги.

Руйнування при повзучості є останнім етапом цього процесу і відповідає моменту, коли матеріал під впливом постійного розтягуючого навантаження руйнується.

На прискорення процесу руйнування при повзучості можуть впливати:

- температура;
- концентрація напруги;
- втома матеріалу;
- хімічне середовище.

Розвиток подій, які призводять до руйнувань при повзучості представлено на малюнку 1.6 [13].

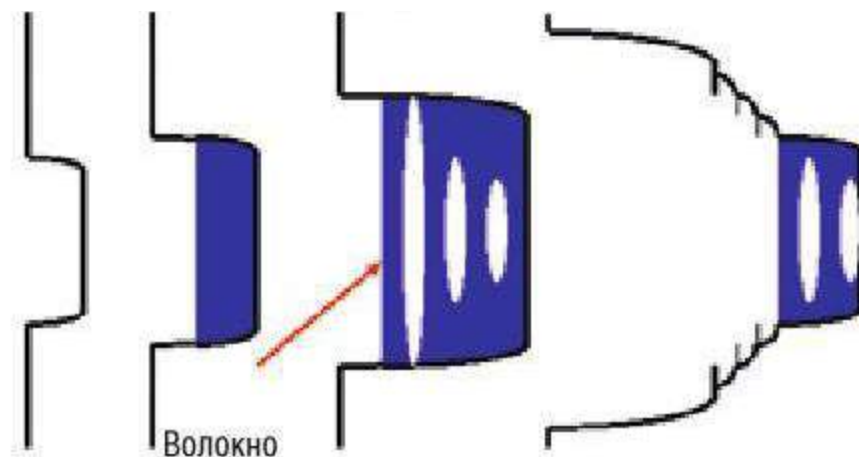


Рисунок 1.6 - Процес руйнування при повзучості

Початок розтріскування характеризується тим, що до виникнення тріщин утворюються порожнечі, які, поступово розростаючись, заповнюються натягнутими волокнами. Цей процес, відомий як утворення сітки тріщин, триває до того моменту, поки максимально розтягнуті волокна

не порвуться, тим самим викликавши розтріскування. Для ПЭ міцність волокон і їх опірність розриву багато в чому залежать від молекулярної структури, зокрема, від молекулярної ваги, його розподілу, гіллястості молекул, міри кристалізації і зв'язуючих молекул. Зв'язуючі молекули сполучені з кристалічними блоками і перетинають аморфні зони, виконуючи функції механічних зв'язків між кристалічними областями. Ці молекули грають вирішальну роль в опорі волокон розриву і забезпеченні механічних властивостей матеріалу під впливом напруги.

Руйнування III типу пов'язане зі зносом і підвищенням крихкості пластика в результаті термічного окислення з часом. Дослідження показали, що для забезпечення безпечної роботи газорозподільних мереж необхідно враховувати тип довгострокового руйнування ПЭ. При цьому для опірності руйнуванню при повзучості величезне значення має висока міра довготривалої міцності при постійному навантаженні в умовах низького тиску впродовж 50 років і більше. Опірність розтріскуванню під напругою також дуже важлива для відвертання руйнувань, викликаних ушкодженнями у вигляді подовжніх борозен(зарубок, подряпин, надрізів), які з'являються при транспортуванні і установці, і точкових ушкоджень із-за ударів каменів і коренів [11, 12, 14, 15, 16].

Основним типом руйнувань для тих, що знаходяться в експлуатації ПЭ труб являється крихке розтріскування під напругою, якій піддається стінка труби зважаючи на утворення дефектів із-за концентрації напруги в зоні зварного з'єднання. Тріщини утворюються з мікроскопічних розривів і подряпин, або спочатку властивих трубі, або, що ймовірніше, отриманих через пошкодження. Крихкі механічні руйнування, як правило, є щілинними розломами, які з'являються паралельно напрямку екструзії труби. Кільцева розтягуюча напруга на стінці труби провокує розкриття тріщин. Типові подовжні тріщини зображені на рис. 1.7 [14].

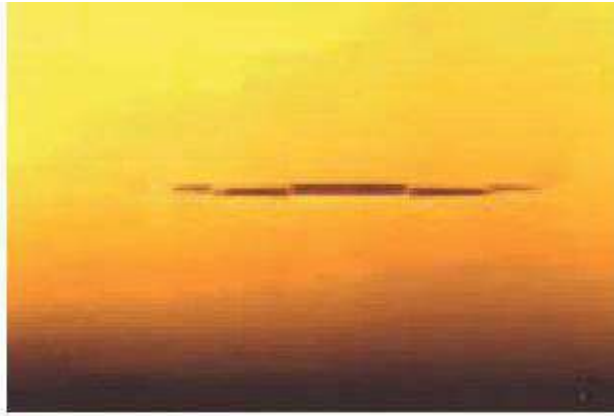


Рисунок 1.7 - Подовжня тріщина

В результаті вторинних дій, наприклад вигину або удару, на зовнішній або внутрішній поверхні труби також можуть з'являтися кільцеві тріщини, рис.1.8. Візуально тріщини крихкого руйнування, як правило, гладкі, рівні, не мають слідів пластичної деформації [14].

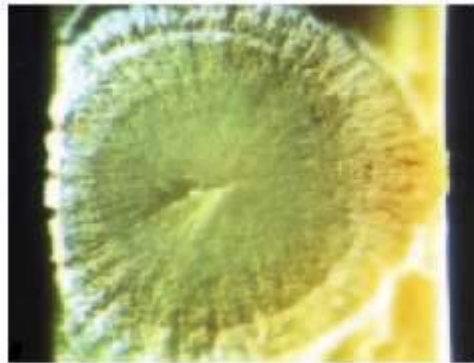


Рисунок 1.8 - Тріщина крихкого руйнування

Вони утворюються при концентраціях напруги в структурі матеріалу, що може бути внутрішньою тріщиною або такими дефектами, як залишкову напругу, забруднення, включення або поверхневі подряпини. Розтріскування під напругою також іноді виникає в усіх зварних з'єднаннях із-за концентрації напруги.



Чиста поверхня без забруднень - основний і найважливіший чинник створення якісного шва між двома поверхнями, що сполучаються. Забруднення погіршує цілісність зварного з'єднання, а сторонні включення можуть діяти як області концентрації напруги, що є передумовою для розтріскування під напругою. умовах, де постійно є присутньою загроза забруднення, підготовку необхідно проводити з особливою ретельністю [15].

### 1.5.2 Дефекти зварних з'єднань

Існують наступні види дефектів зварних з'єднань[15] :

Тріщини, що розташовані уподовж або упоперек шва, рис.1.10 можуть знаходитися в:

- шві;
- основному матеріалі;
- зоні, що нагрівається.

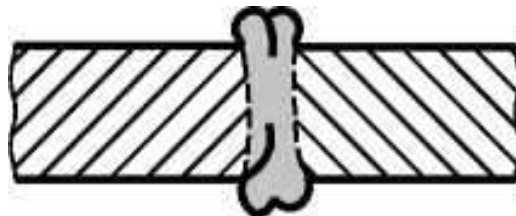


Рисунок 1.10 - Тріщини в зварному з'єднанні

Западина між валиками грата або надріз(пінія сплаву зовнішніх поверхонь валиків), рис.1.11. Безперервні або локальні подовжні надрізи в площині зварювання з вершинами в основному матеріалі, викликані, наприклад:

- недостатнім зусиллям стискування;
- коротким часом нагріву або охолодження.



Рисунок 1.11 - Западина в зварному з'єднанні

Канавки на поверхні основного матеріалу, рис. 1.12, (подовжні або поперечні відносно шва), викликані, наприклад:

- дією затискного пристрою;
- неправильним транспортуванням;
- дефектами при підготовці кромки



Рисунок 1.12 – Канавки

Кутове зміщення, рис. 1.13. Відбувається в результаті:

- несправного устаткування;
- неправильного центрування заготівель.

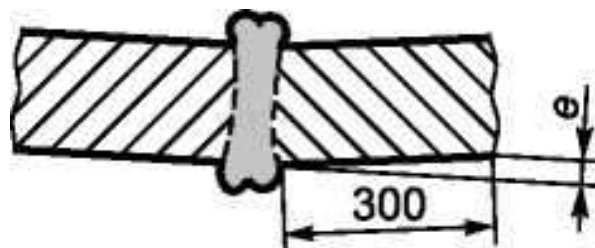


Рисунок 1.13 - Кутове зміщення

Високих і вузьких грат, що як правило, не стосуються краями труби, рис. 1.14. Надмірно розплавлений, з гострими краями шов або по усій довжині, або локальний в результаті помилкових зварювальних параметрів.



Рисунок 1.14 - Високих і вузьких грат

Неправильно сформований зварний шов, рис. 1.15.

Занадто широких або занадто вузьких локальних грат або по усій довжині шва, обумовлений наступними чинниками:

- неправильним часом нагріву;
- режимом температури нагрітого інструменту;
- зусиллям стискування

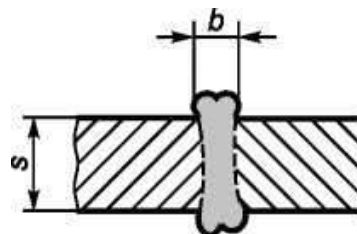


Рисунок 1.15 - неправильне формування зварного шва

Несиметричних грат, неоднакові валики грата(частково або по усій довжині шва) із-за:

- дефектів при підготовці торців до зварювання;
- несправностей зварювального устаткування, рис. 1.16

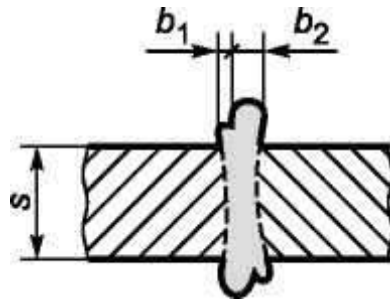


Рисунок 1.16 - Несиметричних грат

Несплавлення зварюваних поверхонь (рис. 1.17) частковий або усього поперечного перерізу, викликане, наприклад:

- забрудненням зварюваних кромки;
- окисненням зварюваних кромки;
- надмірним часом технологічної паузи;
- занадто низькою або високою температурою нагрітого інструменту



Рисунок 1.17 - Несплавлення

Непровар, порожнистий простір в площині зварного з'єднання (рис. 1.18), викликане, наприклад, недостатнім зусиллям стискування та часом охолодження

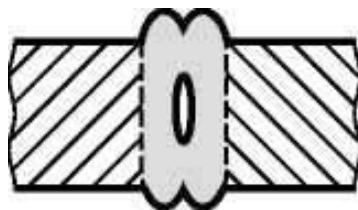


Рисунок 1.18 - Непровар

## 2. МЕТОДИКА ТА УСТАТКУВАННЯ

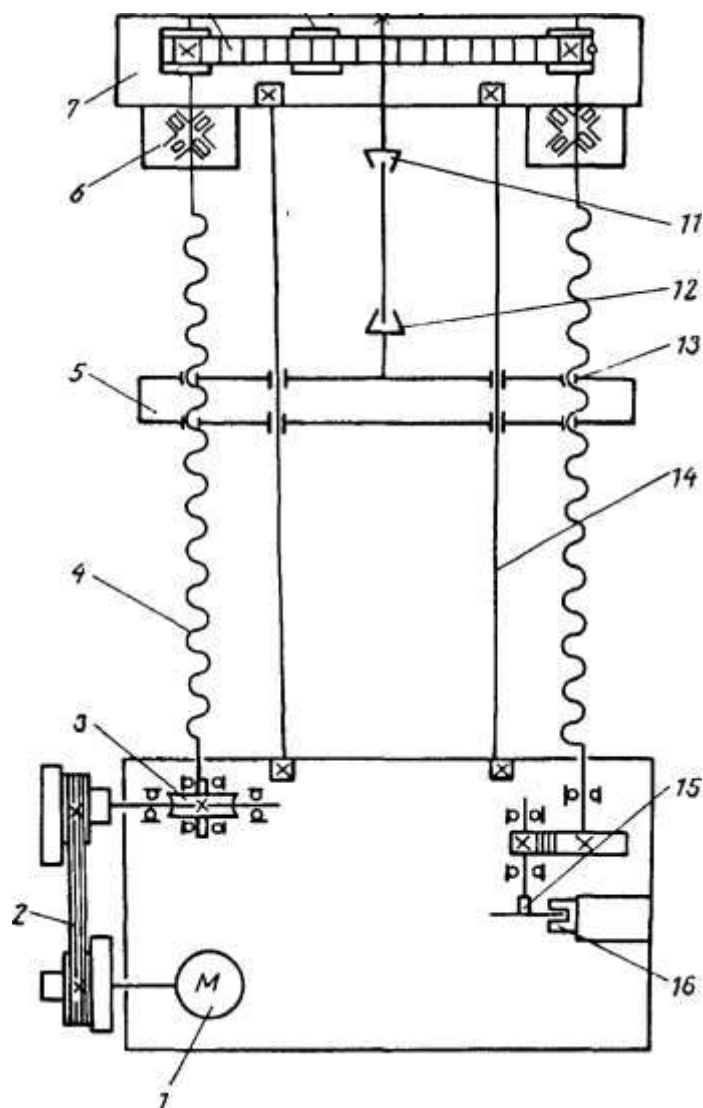
### 2.1 Випробування на розрив і згин

Машина 2166 Р- 5 призначена для лабораторних випробувань пластмас на розтягування, вигин, гістерезис і малоциклових втомних випробувань по навантаженню, переміщенню, деформації при нормальній температурі. Може бути використана для випробування чорних і кольорових металів, гуми, паперу, текстильних і інших матеріалів.

Машина складається з випробувальної установки і пульта, рис. 2.1, 2.2. Випробувальна установка включає привід, вузол вантаження з рухливою і нерухомою траверсами.



Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд машини типу 2166 Р- 5 для випробувань



- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1-електродвигун;         | 9-натяжний ролик;       |
| 2-клиноремenna передача; | 10-датчик сили;         |
| 3-редуктор;              | 11-нерухомий захват;    |
| 4-гвинт ходовий;         | 12 - рухомий захват;    |
| 5-рухлива траверса;      | 13-ходова гайка;        |
| 6-підшипниковий вузол;   | 14-колона;              |
| 7-нерухома траверса;     | 15-зубчастий диск;      |
| 8-ремiнь плоскозубчатий; | 16-датчик ходу траверси |

Рисунок 2.2 - Кінематична схема машини типу 2166 P- 5 :

Граничне навантаження: найбільша 5 кН, найменша 0,01 Н. Кількість силоизмерительных датчиків 3. Діапазони вимірів навантаження : для датчика з граничним навантаженням 50 Н - 0,01...50 Н; для датчика з граничним навантаженням 500 Н - 0,1... 500 Н; для датчика з граничним навантаженням 5 кН - 1...5 кН.

Межі допустимого значення погрішності силовимірювача при прямому ході (вантаженні) :  $\pm 1\%$  від вимірюваного навантаження, починаючи з 0,04 від верхньої межі кожного діапазону виміру;  $\pm 0,04\%$  від верхньої межі кожного діапазону при навантаженнях менше 0,04 від найбільшого граничного значення діапазону виміру. Швидкість робочого ходу активного захоплення 1...1000 мм/хв. Діапазони вимірів переміщення активного захоплення(захоплення ЗРК- 0,5; первинна відстань між губками верхнього і нижнього захоплення 80 мм) : при роботі у верхній зоні 0... 1000 мм, при роботі в нижній зоні 0...500 мм [17, 18]

## 2.2 Зразки для випробувань на розрив і згин

У разі відробітку рецептури матеріалу, режимів переробки і в науково-дослідних роботах рекомендується застосовувати зразки, що мають зменшені розміри. У цій роботі використовуємо зразки для випробувань типорозмера приведенного на рис. 2.3.

Допускаються наступні розміри зразків [17]:

-загальна довжина $l_1$ ,	не менше 80
-довжина робочої частини $l_3$	$40 \pm 0,5$
-радіус закруглення $r$	$6 \pm 0,2$
-розрахункова довжина $l_0$	$25 \pm 0,5$
-діаметр голівки $D_1$	$11 \pm 0,2$
-діаметр робочої частини $D_2$	$5 \pm 0,2$

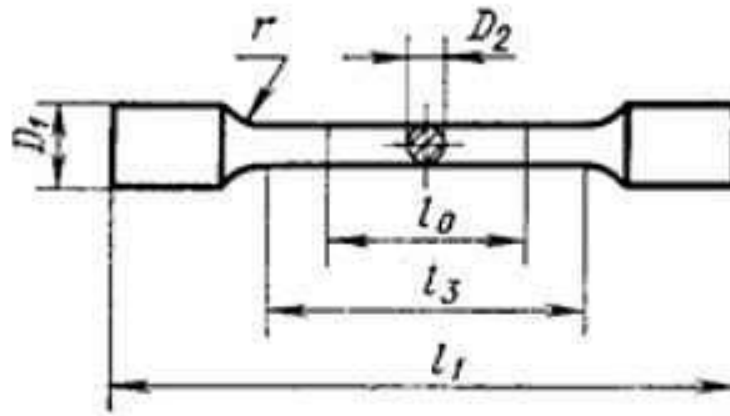


Рисунок 2.3 - Типоразмери зразків для випробувань на розрив і вигин

### 2.3 Випробування на удар

Для проведення випробування застосовується установка(рис), що складається з наступних частин :

- зовнішньої обойми у вигляді кілець, що допускає вільне розширення труби від внутрішнього тиску і одночасно обмежує радіальне розширення під час руйнування;
- внутрішнього оправляння, що складається із стержня, що несе, ковадла з виїмкою, розташованою під бойком, декомпрессионных перегородок(розміри внутрішнього оправляння в зоні виміру повинні забезпечувати можливість заповнення не менше 70 % внутрішнього об'єму випробовуваного зразка стислим повітрям);
- манометрів для виміру внутрішнього статичного тиску і пристосуванням для подання тиску всередину випробовуваного зразка;
- заглушок, що ущільнюють зразок по зовнішньому діаметру, встановлюваних з обох кінців випробовуваного зразка(конструкція заглушок повинна забезпечувати герметичне з'єднання із зразком і пристосуванням для подання тиску);

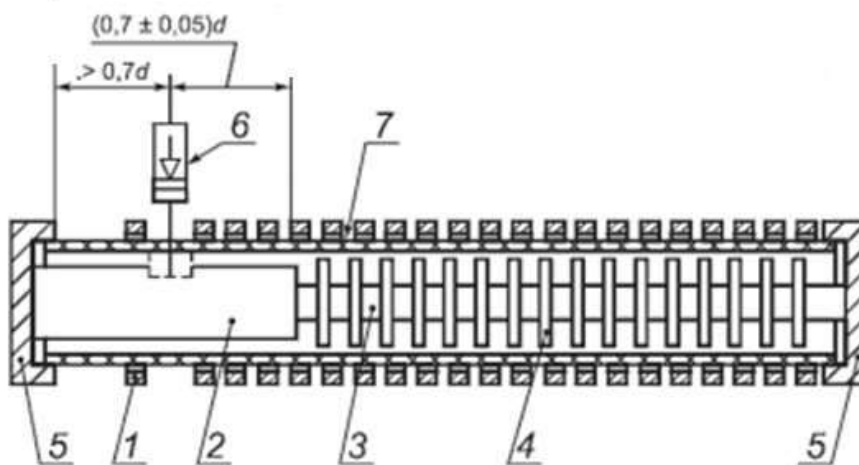


-бойка для завдання удару.

Випробування проводять на зразках у вигляді відрізків труб завдовжки (7-8)  $d$ . Довжина зони виміру має бути більша  $5d$ . Зовнішня і внутрішня поверхні зразка в зоні виміру не мають бути оброблені, надрізані або піддані якій-небудь дії.

Перед випробуванням визначають умови ініціації тріщини на ненавантажених відрізках труб для отримання тріщини завдовжки не менше  $1d$ .

Швидкість удару бойка повинна складати  $(15 \pm 5)$  м/с. Якщо тріщина не ініціюється, на внутрішню поверхню зразка в зоні ініціації бритвою наносять надріз глибиною не менше 1 мм. Випробовуваний зразок збирають в обоймі і кондиціонують при температурі  $0^\circ\text{C}$ , рис. 2.4, з термостатуванням у водному або повітряному середовищі [19].



1 – кільця зовнішньої обойми;

5 - заглушки;

2 – ковадло;

6 - бойок;

3 – стержень несучий;

7 - випробовуваний зразок

4 – декомпресійні перегородки;

Рисунок 2.4 - Схема установки для маломасштабного методу випробування на визначення RCP

Під час випробування зразок піддають дії постійного внутрішнього тиску повітря  $P$  і проводять удар бойком в зоні ініціації. Кожен зразок має бути випробуваний в течію не більше 3 мін після кондиціонування. Далі заміряють довжину тріщини, що утворилася. Створюючи різні тиски повітря усередині труби (вище або нижче очікуваного значення «Критичного тиску»), отримують не менше двох результатів, при яких утворюється тріщина завдовжки  $a \leq 4,7 d$  і при яких довжина тріщини складає  $a > 4,7 d$ . Утворення тріщини завдовжки  $a > 4,7 d$  і характеризує початок швидкого поширення тріщин. За результат випробування приймають мінімальний внутрішній тиск повітря («критичний тиск»  $P_c$ ), при якому виникає процес швидкого поширення тріщини на зразку. Результат випробування вважається позитивним, якщо отриманий «критичний тиск» більше значення показника, рівного  $MOR/2,4 - 0,072$  МПа.

#### 2.4 Холодильна камера

Використовуємо холодильну камеру марки ККБ1-TAG 2522 (рис. 2.5)

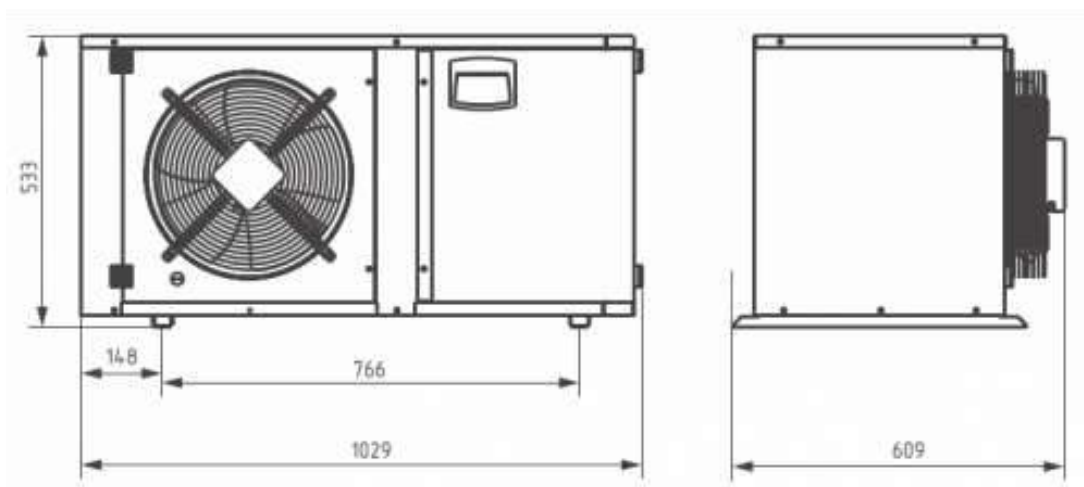


Рисунок 2.5 - Холодильна камера марки ККБ1-TAG 2522

Холодильна камера забезпечує температуру охолодження до  $-40^{\circ}\text{C}$ .  
Добові витрати електроенергії 0,9 кВт.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВПРОВАДЖЕННЯ

3.1 Дослідження впливу часу нагріву при різній температурі довкілля на міцність зварного з'єднання

Дослідження проводили на зразках вирізаних згідно з кресленням(Рисунок) із зварної труби ПЭ 100 зовнішнім діаметром  $D=0,315$  м, товщина стінки  $\delta=0,0286$  м. Температура довкілля при зварюванні -  $20^{\circ}\text{C}$ , -  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$

Режими зварювання приведені в таблицях 3.1-3.5

Таблиця 3.1 - Режими зварювання при температурі довкілля  $20^{\circ}\text{C}$

Товщина стінки, мм	Оплавлення стику до утворення ґрата, мм	Нагрів, с	Вилучення нагрівального елемента, с	Осаджування час процесу зварювання, с	Охолодження стику під тиск-ом, с	Зусилля розриву, МПа
26,8	3,0	275	14	17	40	19,8
		280				20,6
		286				21
		290				20
		295				18,9

Таблиця 3.2 - Режими зварювання при температурі довкілля 10°C

Товщи- на стінки, мм	Оплавлен- ня стику до утворення грата мм	Нагрів , с	Вилучення нагрівального елементу, с	Осад- ження час процесу зварюва- ння, с	Охолодже- ння стику під тиском с	Зусилл я розрив у, МПа
26,8	3,0	324	14	17	40	19,1
		329				19,9
		334				20
		369				19,6
		374				19,1

Таблиця 3.3 - Режими зварювання при температурі довкілля 0°C

Товщи- на стінки, мм	Оплавлен- ня стику до утво- рення грату, мм	Нагрів , с	Вилучення нагрівального елементу с	Осаджен ня час процесу зварюва- ння, с	Охолод- ження стику під тиском, с	Зусилл- ля розри- ву, МПа
26,8	3,0	371	14	17	40	19,6
		376				20
		382				21,2
		387				20,5
		392				19,8

Таблиця 3.4 - Режими зварювання при температурі довкілля - 10°C

Товщин а стілки, мм	Оплавленн я стику до утворення грата мм	Нагрів , с	Вилучення нагрівального елементу с	Осадже ння час процесу зварюва ння, с	Охолодже ння стику під тиском, с	Зусилл я розр- иву, МПа
26,8	3,0	419	14	17	40	19,7
		424				20,1
		430				20,9
		435				20,5
		440				19,8

Таблиця 3.5 - Режими зварювання при температурі довкілля - 20°C

Товщин а стілки, мм	Оплавленн я стику до утворення грата, мм	Нагрів , с	Вилучення нагрівального елементу с	Осаджу вання час процесу зварюва ння, с	Охолодже ння стику під тиском с	Зусилл я розрив у, МПа
26,8	3,0	467	14	17	40	19
		472				19,9
		478				20,2
		483				19,7
		488				19,1

Графічні результати випробувань приведені на рис. 3.1-3.5

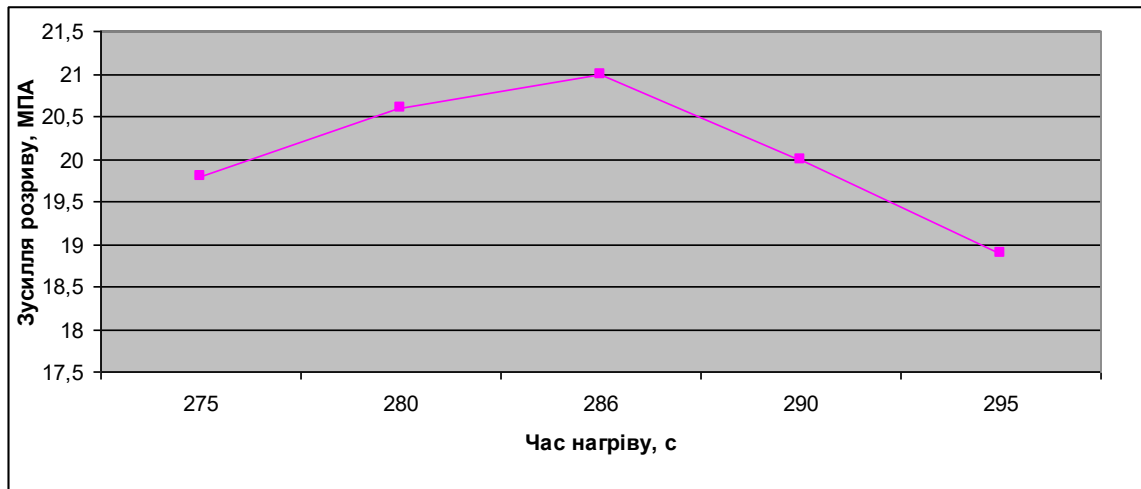


Рисунок 3.1 - Залежність зусилля розриву від часу нагріву при температурі довкілля 20°C

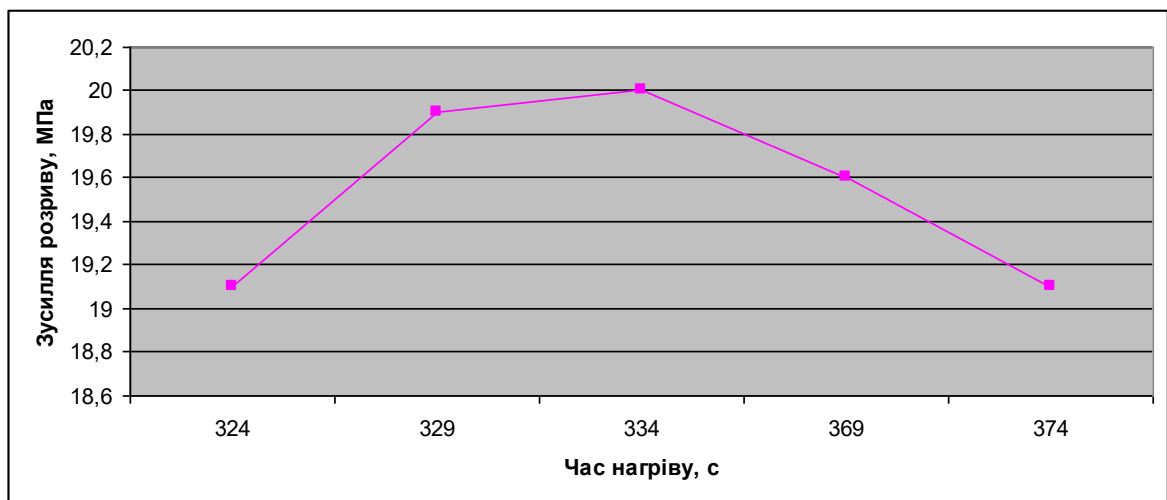


Рисунок 3.2 - Залежність зусилля розриву від часу нагріву при температурі довкілля 10°C

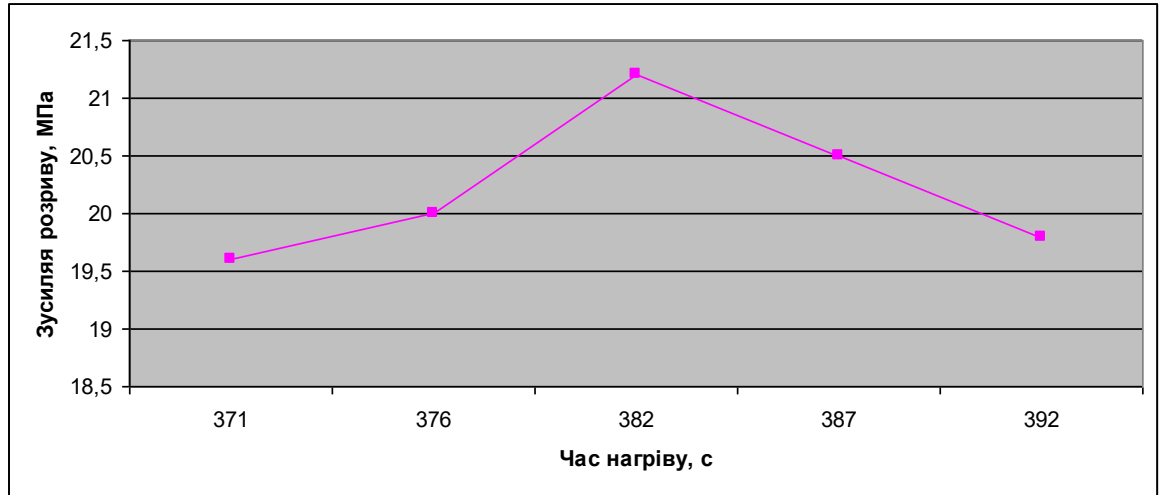


Рисунок 3.3 - Залежність зусилля розриву від часу нагріву при температурі довкілля 0°C

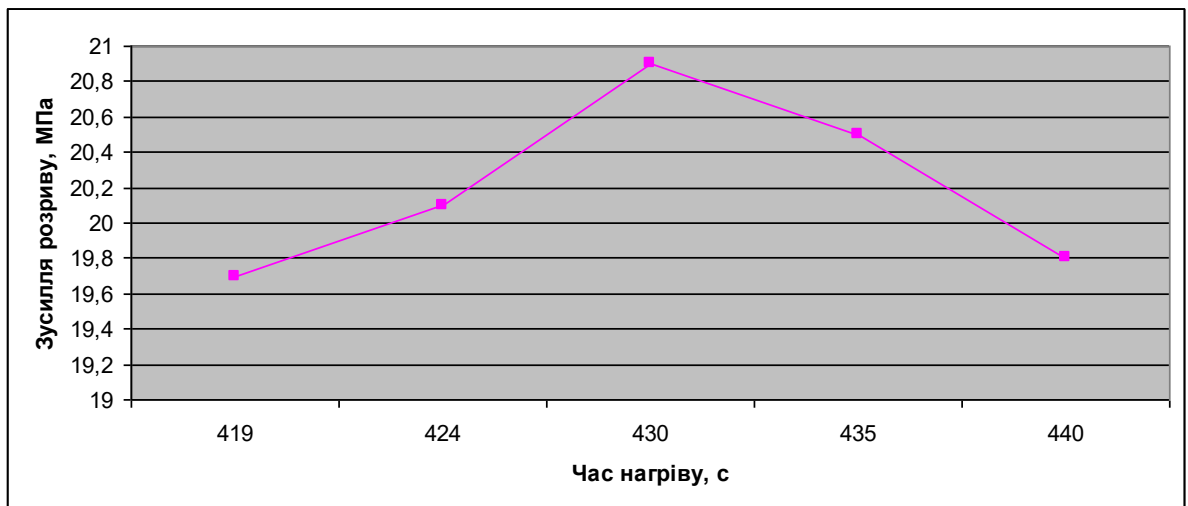


Рисунок 3.4 - Залежність зусилля розриву від часу нагріву при температурі довкілля - 10°C



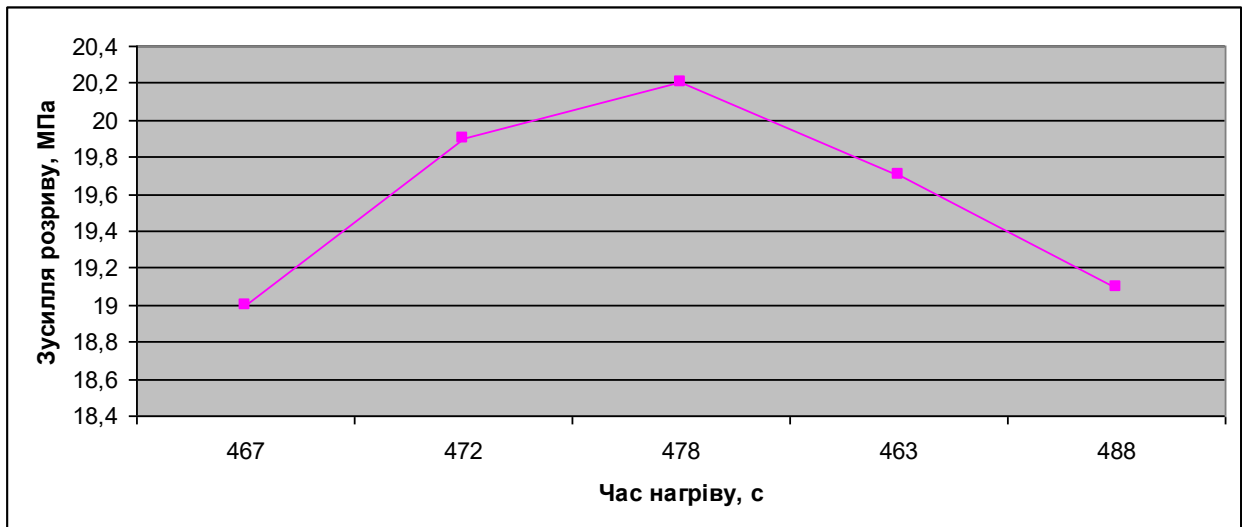


Рисунок 3.5 - Залежність зусилля розриву від часу нагріву при температурі довкілля - 20°C

Таким чином, з результатів проведених досліджень отримуємо оптимальний час нагріву для різних температур довкілля(табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Час нагріву кромок зварюваних деталей для різних температур довкілля

Температура довкілля, °С	Час нагріву кромок, с
20	286
10	334
0	382
-10	430
-20	478

Згідно з табл. 3.6, отримуємо графік залежності нагріву кромок зварюваних деталей для різних температур довкілля (рис. 3.6).

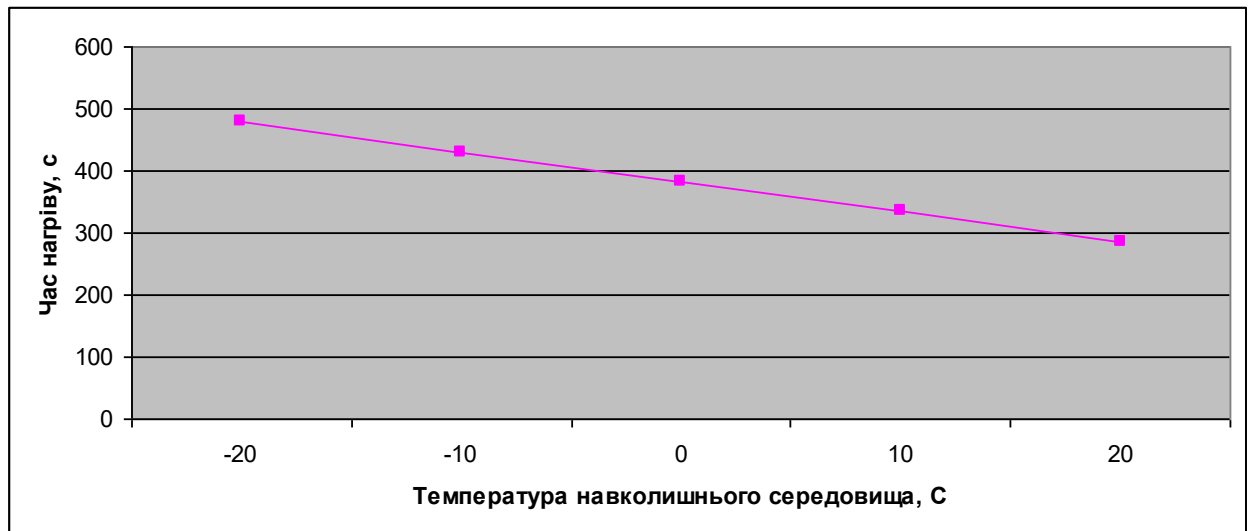


Рисунок 3.6 - Залежність нагріву кромки зварюваних деталей для різних температур довкілля

Зразки, зварені на оптимальних режимах при випробуваннях на вигин і удар показали допустимі результати.

Використовуючи отриману в ході досліджень залежність, можна визначити оптимальний час нагріву для будь-якої температури довкілля в діапазоні температур від 20°C до -20°C

### 3.2 Випробування на удар

Результати випробувань приведені в таблицях 3.7-3.11

Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля 20 °C приведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля 20°C

Товщи- на стінки, мм	Оплавлен- ня стику до утворення грата мм	Нагрівую- чи, сік	Вилучення нагрівально- го елементу с	Осаджен- ня час процесу зварюванн- я, с	Охолодже- ння стику під тиском с	Наявніс- ть тріщини
26,8	3,0	275	14	17	40	+
		280				-
		286				-
		290				+
		295				+

Таблиця 3.8 - Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля 10°C

Товщи- на стінки, мм	Оплавлен- ня стику до утворення грату, мм	Нагрів аючи, сік	Вилучен- ня нагріваль- ного елементу с	Осадження час процесу зварювання, с	Охолодже- ння стику під тиском с	Наявніс- ть трещен- и
26,8	3,0	324	14	17	40	+
		329				-
		334				-
		369				-
		374				+

Таблиця 3.9 - Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля 0°C

Товщин а стілки, мм	Оплавленн я стику до утворення грата, мм	Нагрів,, с	Вилучення нагріваль- ного елементу, с	Осаджен ня час процесу зварюва ння, с	Охолодже ння стику під тиском, с	Наяв- ність тріщин
26,8	3,0	371	14	17	40	+
		376				+
		382				-
		387				-
		392				+

Таблиця 3.10 - Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля - 10°C

Товщин а стілки, мм	Оплавленн я стику до утворення грата, мм	Нагрі, с	Вилучення нагрівального елементу с	Осадже ння час процесу зварюва ння, с	Охолодже ння стику під тиском с	Наяв- ність тріщин
26,8	3,0	419	14	17	40	+
		424				+
		430				-
		435				-
		440				-

Таблиця 3.11 - Наявність утворення тріщини після зварювання при температурі довкілля - 20°C

Товщин а стінки, мм	Оплавленн я стику до утворення грата мм	Нагрів, с	Вилучення нагріваль- ного елементу, с	Осадже ння час процесу зварюва ння, с	Охолодже ння стику під тиском, с	Наявніс ть тріщин
26,8	3,0	467	14	17	40	+
		472				-
		478				-
		463				+
		488				-

### 3.3 Вибір зварювального устаткування

Машини для стикового зварювання поліетиленових труб мають декілька складових частин — незалежних один від одного і готових до роботи агрегатів.

Центратор (базовий елемент машини) - станина з чотирма металевими затисками для фіксації труб і сполучних деталей рис. 3.7. Два з них рухливі(рухливий супорт) і два нерухомо укріплені на тих, що направляють.

Обладнання має відповідати вимогам стандартів України з безпеки праці та вимог до виконуваних робіт [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].



Рисунок 3.7 - Зовнішній вигляд центратора

Торцеватель - дисковий пристрій, забезпечений електродвигуном для механічної обробки(торцювання) кінців зварюваних труб і сполучних деталей, рис. 3.8. Торцеватель має кріплення до тих, що направляють зварювального апарату для утримання при обробці. При знятті стружки контакт між зварюваними частинами труб і торцевателем забезпечується тиском рухливих затисків. Мікрореле перешкоджає обертанню дисків поза зварювальним апаратом. Ножі(леза) торцевателя як правило заточені з обох боків. Перевернувши, можна використати їх другу різальну кромку. Щоб не міняти геометрію ножів, їх не рекомендується заточувати.



Рисунок 3.8 - Зовнішній вигляд торцевателя

Нагрівальний елемент(зварювальне дзеркало) - служить для нагріву і оплавлення зварюваних поверхонь труб і сполучних деталей, рис. 3.9. Його сторони, що контактують із зварюваними поверхнями покриті тефлоном для відвертання прилипання поліетилену. Нагрівальний елемент забезпечений вбудованим термометром.



Рисунок 3.9 - Зовнішній вигляд нагрівального елемента

Гідравлічний привід - забезпечує постійний рівень тиску, необхідного для роботи зварювальної машини з можливістю її точного регулювання на всіх стадіях процесу зварювання, рис. 3.10. Тиск автоматично підтримується під час циклу охолодження при вимкненому двигуні.

У машинах, призначених для зварювання труб діаметром до 160мм, може бути застосований механічний привід, де тиск регулюється за принципом важеля.



Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд гідравлічного приводу

Редукційні вкладиші - набір вставних півкілець для зварювання труб різного діаметру в межах заявлених виготівником розмірів труб, що зварюються цією моделлю зварювальної машини, рис. 3.11. Вкладиші поставляються опціонально або входять в основний комплект постачання.



Рисунок 3.11 - Редукційні вкладиші

Характеристики вибраного устаткування для зварювання труб наведено у табл 3.11.



Таблиця 3.11 – Характеристика елементів машини типу KL500t-p2

Центратор	
Вага, кг	67
Діаметр зварюваних труб, мм	250-500
Гідравлічний блок	
Управління	ручне, джойстик
Вага, кг	29
Потужність, Вт	1500
Напруга живлення, В	380
Макс. тиск, Bar	150
Торцеватель	
Привід	електричний
Вага, кг	55
Потужність, Вт	750
Напруга живлення, В	380
Нагрівальний елемент	
Покриття	тефлон
Вага, кг	24
Потужність, Вт	4000
Напруга живлення, В	380
Блок управління нагрівальним елементом	
Вага, кг	5
Напруга живлення, В	380

### 3.4 Технологія зварювання пластикових труб

Зварювання встык полягає в нагріві торців зварюваних труб або деталей до в'язкотекучого стану поліетилену в результаті контакту з нагрівачем і подальшим з'єднанням торців під тиском після видалення нагрівача.

У цьому процесі зварювані поверхні труб вирівнюються так, щоб досягався ідеальний контакт, потім нагріваються до температури плавлення. Після цього розплавлені поверхні труб з'єднуються під тиском. Зварювальний тиск, температура і тривалість регулюються таким образом, щоб зберегти фізичні і хімічні властивості початкового матеріалу.

Зварювальний цикл можна розділити на наступні етапи (рис. 3.12) :

- Оплавлення торців труби(1-4);
- Нагрів(4-5);
- Видалення нагрівача із зони зварювання(5-7);
- Зварювання(7-8);
- Охолодження(8-10).

Перед початком зварювання зони з'єднання труб вирівнюються за допомогою електроторцевателя. Інструмент вирівнює торці труб під прямим кутом відносно осі і видаляє усі сколи і нерівності перерізу. Торцювання повинне робитися до тих пір, поки стружка, що утворюється в результаті торцювання, почне виходити безперервною, рівною стрічкою. Далі зварювані поверхні нагріваються до температури плавлення за допомогою спеціального нагрівального елемента.

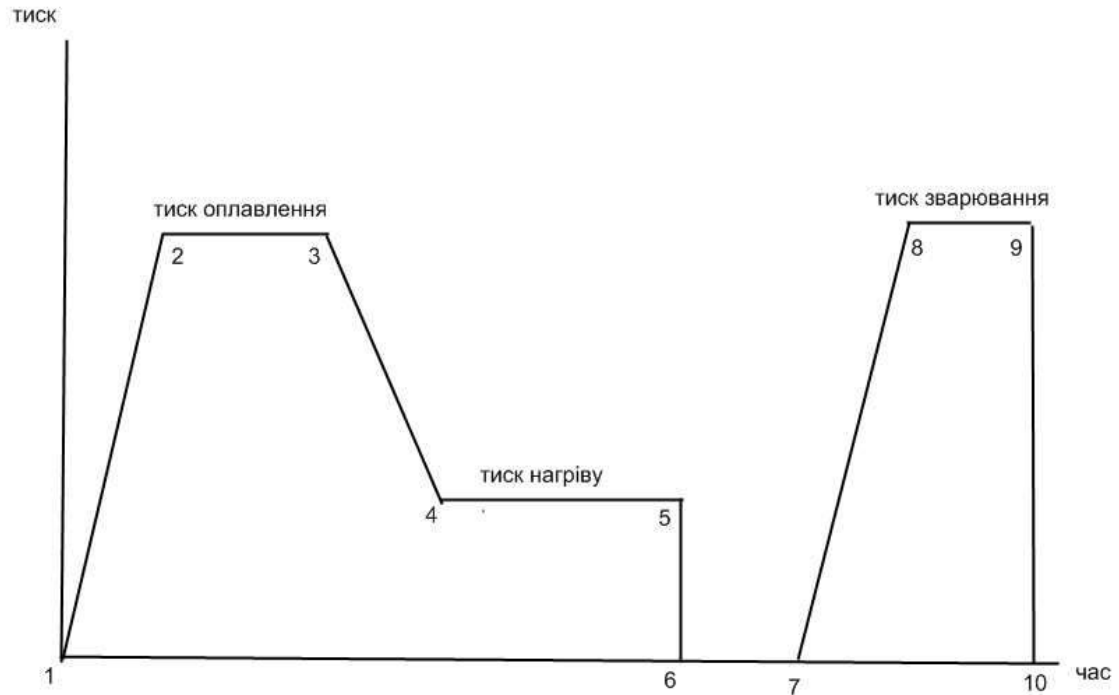


Рисунок 3.12 - Циклограма зварювання пластикових труб

Під час циклу «оплавлення» відбувається утворення первинного грата.

Під час циклу «нагрів» тепло поширюється углиб матеріалу. Тиск на зварювані частини при цьому близький до нуля (воно тільки забезпечує контакт між торцями труб і нагрівачем).

Потім нагрівальний елемент віддаляється з області зварювання - цикл «видалення нагрівача». Нагрівальний елемент необхідно видалити так, щоб не забруднити і не пошкодити нагріті для зварювання поверхні труби. Контактні поверхні треба швидко з'єднати, не допускаючи інших зіткнень. Час переходу має бути настільки коротким, наскільки це можливо, інакше нагріті поверхні захолонуть, що негативно вплине на якість зварювання.

Під час циклу «зварювання» утворюється остаточних грат і молекулярних зв'язків, що забезпечують однорідність з'єднання. Зварювані частини труби з'єднуються під тиском рівним тиску циклу «оплавлення».

Під час завершального циклу «охолодження» відбувається Осадження стику і стик придбаває максимальну міцність.

Після з'єднання повинен з'явитися симетричний буртик. Однаковий розмір правого і лівого буртика показує правильність зварювання. Різний розмір буртиків показує різні характеристики в'язкості матеріалів, що сполучаються, тобто процедура зварювання зроблена невірно.

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Тенденції розвитку світового ринку зварювальних технологій

Ринок технологій є найважливішим фактором сучасної міжнародної економіки.

Сучасна ринкова середовище характеризується тим, що технології, безперервно розвиваючись, змінюють ринок, формуючи нові потреби і видозмінюючи зв'язані технологічні ланцюжки.

Світові ринки зварювальних технологій служать своєрідним полігоном, на якому проходять вирішальні випробування і здійснюється відбір нововведень, що розробляються в науково-дослідних і виробничо-технічних підрозділах різних країн. На думку деяких західних учених, економічний підйом після енергетичної кризи 70-х рр.. XX ст. був викликаний не досягненнями фундаментальної науки, а зростаючою роллю нововведень у підвищенні промислової конкурентоспроможності та розвитком світових ринків технологій. Технологічні нововведення породжують нові способи виробництва та споживання, зачіпають всі сектори економічного і соціального життя і має за основу свого втілення гнучкі і централізовані підприємства, здатні швидко пристосовуватися до ринку і відповідати потребам кінцевого споживача.

### 4.2 Планування науково–дослідних робіт

Планування проведення досліджень по впливу технології зварювання на механічні властивості поліетиленового трубопроводу проводилося за допомогою сіткового графіку [31, 32].

Система сіткового планування та управління складається з наступних етапів:

- складання переліку етапів і визначення їх тривалості;
- побудова сіткового графіку;
- розрахунок основних параметрів.

Для початку необхідно визначити послідовність проведення науково–дослідної роботи. Будь–яке наукове дослідження розпочинається з аналізу інформаційних матеріалів з обраної теми. Для цього на початковому етапі необхідно здійснити накопичення наукової інформації: бібліографічний пошук, вивчення документів, основних джерел щодо теми, скласти огляд літератури. По завершенню цього етапу необхідно сформулювати і обґрунтувати предмет дослідження. Після визначення напрямку досліджень – необхідно виготовити дослідні зразки, для перевірки гіпотез. Після виготовлення зразків (литвом) необхідно провести механічну обробку, для того, щоб розміри зразка відповідали нормам стандарту. Далі необхідно провести всі необхідні випробування та дослідити структури ливарних та термооброблених зразків. Отримані результати підтверджують прогнозоване підвищення комплексу механічних та жароміцних властивостей, які додатково перевіряються на дослідній деталі, виплавленій з нового сплаву. Більш детально етапи дослідження описані в попередніх розділах.

Сітковий графік являє собою інформаційно–динамічну модель, в якій зображуються взаємозв'язку і результати всіх робіт, необхідних для досягнення кінцевої мети проектування. При побудові сіткової моделі використовуються два графічних елемента: роботи і події. Робота – це процес, що вимагає витрат часу, наявності виконавців і матеріальних ресурсів. Подіями називаються результати проведених робіт, на графіку подія зображається у вигляді кола з номером. Сітковий графік будується за даними таблиці 4.1 і представлений на рисунку 4.4.

Таблиця 4.1 – Список робіт сіткового графіку

№	Код роботи	Робота	Тривалість, дні
1	0–1	Теоретична підготовка до проведення аналізу конструкції трубопроводу	20
2	1–2	Обґрунтування використання пластикових труб для виготовлення трубопроводів	15
3	2–3	Вивчення методика та устаткування для зварювання пластикових труб	2
4	2–4	Випробування зразків на розрив і згин	3
5	3–6	Дослідження впливу часу нагріву при різній температурі довкілля на міцність зварного з'єднання	20
6	4–5	Випробування зразків на удар	5
7	5–6	Апробація технології зварювання пластикових труб	20
8	6–7	Оцінка якості з'єднань	7
9	7–8	Обробка результатів дослідження. Складання пояснювальної записки	20

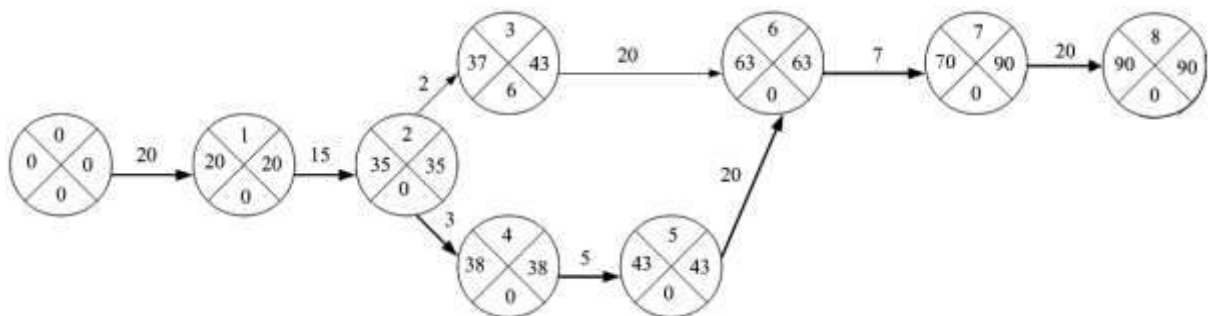


Рисунок 4.1 – Сіткова модель проведення НДР

Над стрілками вказано тривалість виконання етапу у днях. Таке графічне зображення плану виконання процесу показує взаємозв'язок усіх

робіт для досягнення кінцевої мети.

Параметри робіт і шляхів представлені в таблицях 4.2, 4.3 відповідно.

Таблиця 4.2 – Параметри робіт сіткового графіку

Код роботи	$t_{ij}$	$t_{pn}$	$t_{po}$	$t_{nn}$	$t_{no}$	$R_n$	$R_{св}$
0–1	20	0	20	0	20	0	0
1–2	15	20	35	20	35	0	0
2–3	2	35	37	35	37	0	0
2–4	3	35	38	35	38	0	0
3–6	20	37	63	43	63	6	6
4–5	5	38	43	38	43	0	0
5–6	20	43	63	43	63	0	0
6–7	7	63	80	63	80	0	0
7–8	20	80	90	80	90	0	0

Таблиця 4.3 – Параметри шляхів сіткового графіку

№	№ подій	Тривалість	$L_i$	Резерв	$K_{ni}$
1	0–1–2–3–6–7–8	20–15–2–20–7–20	90	6	0,68
2	0–1–2–4–5–6–7–8	20–15–3–5–20–7–20	90	0	1

У ряді випадків важко установити загальну трудомісткість проведеної НДР.

Це пов'язано з елементами невизначеності в процесі виконання більшості робіт. Їхня трудомісткість і тривалість залежить від безлічі факторів, передбачити які неможливо. У таких випадках використовують дві



чи три вірогідні оцінки часу, що даються відповідальними виконавцями по кожному етапу робіт.

Ці оцінки звичайно виражають в днях і є вихідними для розрахунку очікуваного часу виконання етапу робіт із формули:

$$t_{оч} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (4.1)$$

де  $t_{min}$  – мінімально необхідна кількість днів при найбільш сприятливих умовах, днів;

$t_{max}$  – максимальні витрати часу на виконання роботи з даного етапу при несприятливих умовах, днів.

Ступінь правильності визначення  $t_{оч}$  перевіряють розрахунком дисперсії (розкиду між мінімальними та максимальними оцінками часу виконання робіт).

Дисперсія являє собою середнє значення квадрата відхилення тривалості роботи від її очікуваного значення і визначається по формулі:

$$\sigma^2(t) = \frac{t_{max} - t_{min}}{5}^2 \quad (4.2)$$

Якщо дисперсія менше або дорівнює 1, то це говорить про малий ступінь невизначеності оцінки часу робіт із даного етапу.

На тих етапах, де дисперсія більше 1 завищений максимальний час на виконання етапу.

Результати розрахунків зводяться в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Тривалість НДР

№	Етапи НДР	Тимчасові оцінки, днів			Дисперсія , $\sigma$
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{оч}}$	
1	Теоретична підготовка до проведення аналізу конструкції трубопроводу	18	22	20	0,89
2	Обґрунтування використання пластикових труб для виготовлення трубопроводів	12	16	14	0,89
3	Вивчення методика та устаткування для зварювання пластикових труб	3	6	4	0,77
4	Випробування зразків на розрив і згин	14	21	17	1,2
5	Дослідження впливу часу нагріву при різній температурі довкілля на міцність зварного з'єднання	4	7	5	0,77
6	Випробування зразків на удар	14	21	17	1,2
7	Апробація технології зварювання пластикових труб	7	11	9	0,89
8	Оцінка якості з'єднань Обробка результатів дослідження. Складання пояснювальної записки	19	25	22	1,1

Коефіцієнт напруженості  $i$ -го шляху визначають за формулою:

$$K_{ni} = \frac{L_i - L'_{кр}}{L_{кр} - L'_{кр}} \quad (4.3)$$

В таблицях використані наступні позначення:

$t_{ij}$  – час виконання роботи;

$t_{ij}^{рн}$  – ранній термін початку роботи;

$t_{ij}^{пн}$  – пізній термін початку роботи;

$t_{ij}^{рo}$  – ранній термін завершення роботи;

$t_{ij}^{пo}$  – пізній термін завершення роботи;

$R_{ij}^n$  – повний резерв часу роботи;

$R_{ij}^{св}$  – вільний резерв часу роботи;

$L_i$  – довжина і-го шляху;

$L'_{кр}$  – спільна частина і-го і критичного шляху;

$K_{ni}$  – коефіцієнт напруженості і-го шляху;

$L_{кр}$  – довжина критичного шляху.

Для першого шляху:

$$K_{ni} = \frac{68 - 22}{90 - 22} = 0,68$$

Для другого (критичного) шляху:

$$K_{ni} = \frac{90 - 90}{90 - 90} = 1$$

Чим більше коефіцієнт напруженості шляху  $K_{ni}$  до 1, тим меншим відносним резервом володіє шлях. Для даного випадку на першому шляху спостерігається 6 днів резерву для випробування на зразках впливу часу нагріву при різній температурі довкілля.

Таким чином, побудовано графік подій, сіткова модель, таблиця списку робіт, знайдено критичний шлях, що має довжину 90 днів.

Відомо, що зварювальні роботи відбуваються під відкритим небом. На розробленій сітковій моделі майже всі роботи виконувалися послідовно. Але резерв часу, який визначено на першому (не критичному) шляху, дасть змогу використати його в умовах невизначеності, непередбачених погодних умов.

#### 4.3 Розрахунок кошторису витрат на проведення НДР

До складу витрат на проведення НДР входить вартість усіх ресурсів, які необхідні для реалізації комплексу робіт.

Складаємо кошторис витрат за статтями:

- матеріали та транспортні витрати;
- енергія і паливо;
- спеціальне обладнання і технологічне оснащення;
- амортизація універсального устаткування;
- заробітна плата основна і додаткова;
- відрахування на соціальне страхування;
- накладні витрати.

#### 4.4 Розрахунок вартості матеріалів

До цієї статті відносять витрати на придбання основних матеріалів для проведення дослідження (табл. 4.5).

Ціни на матеріальні ресурси визначають за відповідними прайс-листами. Транспортно-заготівельні витрати: 2–5 % від вартості матеріалів

Таблиця 4.5 – Розрахунок вартості матеріалів

Матеріал, ГОСТ	Марка	Витрати матеріалу, кг	Ціна за одиницю, грн./т	Сума витрат, грн.
Труба поліетиленова високого тиску	ПЕ 100	3	600	1800
Разом:				
Транспортно–заготівельні витрати				36
Всього з урахуванням транспортно–заготівельних витрат				1836

## 4.4.1 Спеціальне устаткування для науково–технічних робіт

В цій статті враховуються витрати на закупівлю, доставку і монтаж лабораторних установок, вимірювальних і регулюючих приладів, пристроїв, випробувальної апаратури і тому подібне (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Витрати на спеціальне устаткування

Перелік устаткування	Марка	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Собівартість експлуатації, грн.
Камера морозильна	“SnAige F 245-1704AA	1	7300	146
Машина розривна	2166 P- 5	1	80000	1600
Установка лабораторна	«Удар»	1	12000	240
Установка зварювальна	KL –500 t-p- 2	1	112000	2240
Разом				4226

#### 4.4.2 Розрахунок вартості палива і енергії

Під час проведення дослідів були використані наступні енергоспоживаючі ресурси:

- Камера морозильна “SnAige F 245-1704AA - 0,9 кВт
- Машина розривна 2166 P- 5 – 0,6 кВт
- Установа зварювальна KL –500 t-p- 2 – 4750 кВт

Витрати на енергію  $E_c$  визначаємо по формулі:

$$E_c = \frac{P_y \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_v \cdot C_e}{\text{ККД}}, \quad (4.4)$$

де  $P_y$  – установлена потужність енергетичних струмоприймачив устаткування, кВт;

$\Phi_{\text{еф}}$  – ефективний фонд часу роботи даного виду устаткування, годин;

$K_v$  – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу ( $K_v = 0,8$ );

$C_e$  – ціна 1 кВт година електроенергії,  $C_e = 2,56$  грн/ кВт година;

ККД = 0,6.

Для камери морозильної “SnAige F

$E_c = 0,9 \times 96 \times 0,8 \times 2,56 / 0,6 = 294,9$  грн.

Для машини розривної 2166 P- 5 – 0,6 кВт :

$E_c = 0,6 \times 8 \times 0,8 \times 2,56 / 0,6 = 9,83$  грн.

Для установи зварювальної KL –500 t-p- 2:

$K_v = 0,7$ , ККД=0,7;

$E_c = 4750 \times 0,25 \times 0,7 \times 2,56 / 0,7 = 2128$  грн.

Розрахунок витрат на енергію заносимо у таблицю 4.7.

Таблиця 4.7. – Розрахунок вартості енергоресурсів

Устаткування	Вид енергоресурсів	Ефективний фонд часу роботи, год	Тариф е.ен	Вартість енергоресурсів, грн
Камера морозильна	Електроенергія	96	2,56	294,9
Машина розривна	Електроенергія	8	2,56	9,83
Установка зварювальна	Електроенергія	0,25	2,56	2128
Разом				2432,73

#### 4.5 Розрахунок фонду оплати праці

Витрати по цій статті складаються з планового фонду заробітної плати усіх категорій працівників, зайнятих в проведенні наукових досліджень.

Розрахунок заробітної плати робиться на підставі даних про трудомісткість (табл. 4.8).

Кількість місяців роботи науково-дослідної групи задається на підставі терміну виконання дипломної роботи.

В даному випадку не більше 10 місяців. Результати розрахунків зводяться в таблиці.

Додаткова заробітна плата складає 10 % від основної заробітної плати, тобто 4107 грн.

Основна й додаткова заробітна плата по кошторису не повинна перевищувати 40 % кошторисної вартості.

#### 4.6 Відрахування на соціальні заходи

Ці витрати визначаються в розмірі 22 % від основної й додаткової заробітної плати:  $(41076+4107) \times 0,22 = 9940$  грн.

Таблиця 4.8 – Розрахунок основної заробітної плати

№	Посада виконавця	Кількість, Людей	Місячний оклад, грн	Середньо –денна зарплата, грн	Зайнятість, днів	Сума, грн
1	Старший науковий співробітник	1	6200	310	60	18600
2	Молодший науковий співробітник	1	4057	202,85	60	12171
3	Лаборант	4	3723	116	20	9280
Разом						41076

#### 4.7 Накладні витрати

Накладні витрати по проведенню науково–дослідницької роботи визначаються у відсотках від основної заробітної плати її виконавців ( у межах 80–100 %). До них відносяться витрати, пов'язані з управлінням, утриманням і експлуатацією устаткування й приміщень, створенням



необхідних санітарно–гігієнічних умов. Накладні витрати для НДР складають 90 % від суми основної заробітної плати, а саме 36960 грн.

#### 4.8 Кошторис витрат

У складі витрат на проведення НДР враховується вартість всіх ресурсів, необхідних для реалізації комплексу робіт.

З метою визначення витрат на проведення науково–дослідницької роботи слід скласти кошторис витрат (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Кошторис витрат на виконання НДР

Стать витрат	Сума, грн
Матеріали, покупні вироби і напівфабрикати (за відрахуванням відходів, що реалізуються)	1836
Електроенергія	2432,73
Експлуатація спеціального устаткування для наукових (експериментальних) робіт	4226
Основна і додаткова заробітна плата виробничого персоналу	45183
Відрахування на соціальне страхування (від суми основної і додаткової заробітної плати)	9940
Накладні витрати	36960
Всього витрати на проведення НДР	63617,73
Коефіцієнт економічної ефективності	1,69
Строк окупності проекту, роки	0,7

#### 4.9 Бальна оцінка економічної ефективності науково–дослідної роботи

Наукові дослідження, прямий підрахунок економічної ефективності по яких не можливий, оцінюють за допомогою бальної системи (табл. 4.10 ).

Бальна оцінка проводиться по наступних найважливіших показниках:

- важливість розробки  $K_1$ ;
- можливість використання результатів розробки  $K_2$ ;
- теоретична значимість і рівень новизни дослідження  $K_3$ ;
- складність розробки  $K_4$ .

За допомогою характеристик даних показників визначається кількість балів.

Таблиця 4.10. – Шкала для оцінки ефективності

Показник	Характеристика	Бали
$K_1$	Робота ініціативна і не є завданням відомчих органів	1
$K_2$	У масштабах країни	8
$K_3$	Одержання нової інформації, що доповнює знання про сутність досліджуваних процесів, не відомої в досліджуваній області	3
$K_4$	Робота виконується одним підрозділом, витрати 10000–50000 грн	3

Загальна оцінка встановлюється за добутком коефіцієнтів:

$$B = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Питомий ефект (ПЕ) на кожний бал – 1 500 грн.

Загальний ефект (Е) від розробки складає:

$$E = 1500 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 108000 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність науково–дослідницької роботи визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, що характеризує частку загального ефекту від розробки, що приходить на одну грн. витрат (собівартості НДР):

$$K_e = \frac{108000}{63617} = 1,69$$

Строк окупності  $T_{ок}$  проекту розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{K_e} = 0,7 \text{ р.}$$

На підставі проведених розрахунків можна стверджувати, що робота є економічно доцільною. Витрачені кошти на наукові розробки нової технології зварювання поліетиленових труб газопроводу дасть змогу знизити витрати на ремонтні роботи на 40% дозволять в подальшому підвищити ресурс роботи і надійність газопроводу, конкурентоспроможність технології порівняно зі стандартними і дорожчими аналогами.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці на дільниці зварювання

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Травми (удари, порізи) при підготовці виробів до зварювання спричинюються недодержанням техніки безпеки під час роботи на металорізальному обладнанні, відсутністю пристроїв для транспортування та складання важких деталей, несправністю інструменту і та ін.

б) Механічні травми, пов'язані з порушенням правил охорони праці, через невикористання спеціального одягу, або використання несправного обладнання та інструментів, негативний вплив теплового випромінювання, який утворюється в зоні наплавлення.

в) Можливість ураження електричним струмом. Основними причинами ураження можуть бути не виконання правил електробезпеки, невикористання засобів індивідуального захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені дроти, неізольовані скручування, пробій ізоляції.

г) Отруєння зварювальними газами, аерозолями представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів в результаті не ефективної роботи місцевої витяжної механічної вентиляції в місцях їх утворення.

г) Термічні опіки в результаті випадкового дотику нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок.

д) Негативний вплив електромагнітних полів і випромінювань. Негативний вплив електромагнітних полів, який полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє загальній захворюваності.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

ж) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

з) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання.

л) Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах ЧС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

## 5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Для виключення травм робоче місце зварювальника повинно бути в чистоті та порядку, не допускаючи нічого зайвого, що заважає роботі на робочому місці, а також в проходах і проїздах. Деталі і заготовлі слід тримати в стійкому положенні на підкладках і стеллажах. Висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини або півтора діаметри підстави штабелю і у всіх випадках не має бути більше 1 м. Все вживане обладнання повинне оснащуватися запобіжними елементами і пристроями згідно ГОСТ 12677-81 «Клапан зворотний підйомний муфтовий».

б) Для виключення отримання механічних травм повинно бути передбачено проведення усіх необхідних інструктажів з охорони праці, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Робітники повинні бути забезпечені спеціальним одягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация», або груповими засобами захисту згідно з ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация», до яких відносять брезентові захисні костюми, рукавиці брезентові, спеціальне взуття із захисними носками, щітки захисні або окуляри.

Отримання механічних травм найчастіше відбувається внаслідок захлапленості робочої ділянки та порушень правил експлуатації машин та механізмів на робочій ділянці. В зв'язку з цим обов'язковим є щоденний контроль за станом робочої зони зі сторони керівництва відповідно до ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги».

в) Для виключення поразки електричним струмом електроустаткування повинне відповідати ДСТУ 12.1.019-79 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Общие требования и номенклатура видов защиты» і ПУЭ-20013 «Експлуатація електроустаткування і електроустановок» повинна проводитися відповідно «Правил технической эксплуатации электроустановок» (ПТЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» і «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Згідно ДСТУ 12.1.019-79 електробезпека повинна забезпечуватися:

- конструкцією електроустановок;
- засобами захисту працюючих;
- організаційними заходами.

Електроустановки і їх частини мають бути виконані так, щоб працюючі не піддавалися небезпечним і шкідливим діям електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати наступні способи і засоби:

- захисні обгороджування (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- ізоляцію струмоведучих частин (робочу, додаткову, посилену, подвійну) згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- безпечна напруга (не більше 42 В);
- захисне відключення згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- попереджувальну сигналізацію, блокування, знаки безпеки.

Для забезпечення захисту від поразки електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції, застосовують наступні способи:

- захисне заземлення, занулення згідно ПУЭ-20013;
- захисне відключення;
- ізоляцію не струмоведучих частин згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- електричне розділення мережі;
- безпечна напруга (не більше 42 В);
- контроль опору ізоляції;
- компенсація струмів замикання на землю;

Технічні способи і засоби застосовують окремо або в поєднанні один з одним так, щоб забезпечувався оптимальний захист.

Перед початком роботи проводиться перевірка усіх систем:

- перевіряється на холостому ході правильність включення операцій усіма механізмами установки для наплення і справність пульта управління;
- перевіряється цілісність і надійність ізоляції і заземлення установок і пульта управління;
- перевіряється стан контактних поверхонь.

г) Для попередження отруєнь зварювальними газами і аерозолями представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів при роботі в закритих приміщеннях необхідно передбачити місцеву витяжну механічну вентиляцію. Приблизне співвідношення віддаленого повітря 1200-2000 м<sup>3</sup>/год.

г) Для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови », костюми захисні від підвищених температур по ГОСТ 12.4.045-78, спеціальної шкіряним взуттям по ГОСТ 12.4.032-77 «Взуття спеціальне шкіряне для захисту від підвищених температур. Технічні умови».

### 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

д) Негативний вплив електромагнітних полів, яка полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє загальній захворюваності. Одним із заходів захисту є нормування їх напруженості відповідно ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів», винос потужного технологічного обладнання за межі робочої зони.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що



може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань [33,34].

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: пристрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища відповідно до норм, які вказані в таблиці 7.1, згідно СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

Таблиця 5.1 - Оптимальні фізичні параметри навколишнього середовища цеху

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість, м/с
Холодний	18 - 22	40 - 60	0,1 - 0,3
Теплий	20 - 23	40 - 60	0,1 - 0,4

У теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або общеобменную припливно витяжну вентиляцію відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони ». У холодний період року використовуються системи водяного опалення відповідно до СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря):

$$L = k \cdot V_{\text{п}} \quad , \quad (5.1)$$

де  $k$  – кратність повітрообміну (відповідно до галузевих норм кратність повітрообміну в цеху становить  $k=2$ );

$V_{\text{п}}$  – об'єм приміщення,  $96 \text{ м}^3$ ;

Площа цеху  $= 8 \times 4 = 32 \text{ м}^2$ . з висотою 3 м.

Необхідний повітрообмін в приміщенні, де не виділяється надлишкове тепло, розраховується за формулою:

$$L = l \cdot n = 30 \times 3 = 90 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.2)$$

де  $l$  – мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (при об'ємі приміщення, що припадає на одного працівника, до  $20 \text{ м}^3 - l = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ );

$n$  – кількість працівників у приміщенні яка дорівнює ... чоловікам.

Кількість зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у приміщенні:

$$L = \frac{Q}{C \cdot \gamma \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})} = \frac{18900}{1 \cdot 1,17 \cdot (35 - 27)} = 2019 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де  $Q$  – загальна кількість тепловиділення (без урахування втрат) у приміщенні, яка дорівнює  $18900 \text{ кДж/год}$ ;

$C$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\gamma$  – густина зовнішнього повітря.

$$\gamma = \frac{353}{(273 + t_{\text{зовн}})} = \frac{353}{(273 + 27)} = 1,17 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Розраховувати кількість зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у виробничому приміщенні в теплий період року. Температура зовнішнього повітря відповідно до СНиП 2.04.05–91 для м. Запоріжжя складає 27 ° С.

ж) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування ». Вибір джерел освітлення виконується в залежності від розмірів виробничого приміщення. Можуть використовуватися люмінесцентні лампи і газорозрядні лампи низького і високого тиску типів ПД-80 або ДРЛ-250.

#### 5.4 Заходи з пожежної безпеки

з) На складально-зварювальній ділянці небезпечними чинниками пожежі є:

- відкритий вогонь (зварювальна дуга, полум'я газового зварювання і різання);
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;
- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню і різанню.

Пожежна безпека на складально-зварювальній ділянці може бути забезпечена сукупністю заходів, спрямованих на попередження пожеж,

запобігання поширення вогню в разі виникнення пожеж і створення умов, що сприяють швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Передбачені на складально-зварювальній ділянці заходи, попереджуючи причини виникнення пожеж, підрозділяються на організаційні, експлуатаційні, технічні і режимні [35, 36].

До організаційних заходів відносяться: навчання робітників протипожежним правилам, проведення бесід, інструкцій, організація добровільних дружин, пожежно-технічних комісій, видання наказів по питаннях посилення пожежної безпеки.

До експлуатаційних заходів відносяться: правильна експлуатації, профілактичні ремонти, огляди і випробування зварювального обладнання і пристроїв і так далі

До технічних заходів відносяться: дотримання протипожежних норм і правил при пристрої і установці зварювального устаткування, систем вентиляції, підведення електропроводки, захисного заземлення і відключення [37, 38].

До режимних заходів відносяться: заборона куріння в невстановлених місцях, проведення зварювальних і інших вогневих робіт в пожежнебезпечних місцях.

Пожежну техніку згідно ГОСТ 124009 – 82 «Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування», призначену для захисту складально-зварювальних об'єктів підрозділяють на наступні групи: пожежні машини (автомобілі, мотопомпи і причепа); установки пожежогасінні; установки пожежної сигналізації; вогнегасники; пожежне устаткування; пожежний ручний інвентар; пожежні рятувальні пристрої.

Первинні засоби пожежогасіння розташовуються в складі пожежного щіта. Крім цього на щіті розташовується: пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна - 1, пожежні відра - 2, совкові лопати - 2, лом - 1, сокира - 1.

Відповідно до ГОСТ 121004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги» передбачені засоби пожежогасінні. При гасінні титану, який горить і деяких інших сплавів категорично забороняється заливати їх водою, застосовувати пісок, вуглекислоту, азот, хладон, порошки типа ПСБ і ША.

Для гасіння пожежі застосовується склад глинозем, мелений плавиковий шпат, сухий порошковий флюс. Ці речовини подаються у осередок загоряння у ручну або за допомогою вогнегасника ВВК-5.

### 5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

л) Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епіфітотією, пожежею, яке призвело до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та значних матеріальних втрат.

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкта в умовах НС; організацією рятувальних і відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів до більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження.

Таким чином, для створення ефективної системи охорони праці та створення безпечних умов для персоналу необхідно:

- Обов'язкове проведення медичних оглядів, проведення інструктажів, допуск до роботи осіб старше 18 років, які пройшли навчання за фахом, відповідно НВАО 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- Використання індивідуальних захисних засобів відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук», щитки захисні ГОСТ 12.4.035 78 «ССБТ Щитки захисні лицьові для електрозварників»;
- Робоче місце повинно бути організовано в спеціальних кабінах, має бути зручним, з хорошою вентиляцією згідно ГОСТ 12.4.021-75 «Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні»;
- Регулярно проводиться перевірка захисного заземлення, відсутність оголених проводів, відкритих скруток пробоїв ізоляції ПУЕ-2011 «Правила улаштування електроустановок»;
- Перевірка наявності та справності засобів індивідуального захисту органів дихання згідно ГОСТ 12.4.034-2001 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту органів дихання»;
- Робоча зміна не повинна перевищувати встановленої для даної категорії працівників щоденної тривалості робочого часу, в перебігу кожної години відпочинок на 5 хвилин;
- Проведення перевірки освітленості робочої зони і справності освітлювальних ламп відповідно ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування»;
- Перевірка системи водяного опалення та кондиціонування ділянки відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»;
- Проведення оглядів усіх засобів пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити) знаходяться на ділянці відповідно до СНиП 2.01.02-85 «Протипожежні норми проектування будівель і споруд».
- Контроль за рівнем освітленості - по ГОСТ 24940-81;

- Контроль пожежної небезпеки - по ГОСТ 12.1.004-85;
- Контроль за станом вентиляції робочих місць - по ГОСТ 12.3.018-79.

## ВИСНОВКИ

Досліджено вплив режимів зварювання на властивості зварних з'єднань, отриманих при різних температурах навколишнього середовища.

Визначено оптимальний час нагріву зварювальних труб для різних температур навколишнього середовища.

Розроблено методику отримання рекомендацій режимів зварювання поліетиленових труб газопроводу, що дозволяє визначити оптимальний час нагріву для будь якої температури навколишнього середовища у діапазоні від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$

Відображені питання охорони праці та цивільного захисту, виконано проект дослідницької лабораторії та розрахунок економічного ефекту.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковлев А. Д. Технология изготовления изделий из пластмасс [Текст] / А. Д. Яковлев. — Л.: Химия, 1968. — 304 с.
2. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. СП 42-103-2003. — М.: ДЕАН, 2005. — 218 с.
3. СП 41-107-2004. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. СП 41-107-2004. [Текст] — М.: ДЕАН, 2005. — 32 с.
4. Опыт строительства и реконструкции подземных газопроводов на основе использования полиэтиленовых труб. — М.: НТЦ "КВАН", 2004. — 324 с.
5. Свод правил. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. [Текст] — М.: ДЕАН, 2011. — 352 с.
6. Газопроводы из полиэтиленовых труб / В. С. Логинов [и др.]. — Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1968. — 72 с
7. Поляков А. В. Полиэтилен высокого давления : научно-технические основы промышленного синтеза [Текст] / А. В. Поляков, Ф. И. Дунтов, А. Э. Софиев и др.. — Л.: Химия Ленингр. отд-ние, 1988. — 199 с.
8. Костенко Е. М. Пособие по строительству газопроводов из неметаллических труб и курс лекций по сварке пластмасс : Настольная книга сварщика пластмасс [Текст] / сост. Е. М. Костенко. — Киев: Основа, 2005. — 208 с.
9. Ноймана А. Сварка, пайка, склейка и резка металлов и пластмасс : Справочник [Текст] / Под ред. А. Нойман; Е. Рихтера. — 3-е изд., перераб. и доп.. — М.: Металлургия, 1985. — 480 с.

10. Чвертко А. И. Сварочное оборудование: Каталог-справочник [Текст]/ Академия наук Украинской ССР; Институт электросварки им. Е. О. Патона; под ред. А. И. Чвертко. Часть 2. — М.: Наукова думка, 1968. — 388 с.
11. Чвертко А. И. Сварочное оборудование: Каталог-справочник [Текст] / Академия наук Украинской ССР; Институт электросварки им. Е. О. Патона; под ред. А. И. Чвертко. Часть 3. — М.: Наукова думка, 1972. — 196 с.
12. Климов А. С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки : учебное пособие [Текст] / А. С. Климов [и др.]. — 3-е изд., испр.. — СПб.: Лань, 2011. — 330 с.
13. Евтифеев. П. И. Стыковая и электромuftовая сварка (технология и оборудование) [Текст] / П. И. Евтифеев. — Л.: Машиностроение, 1977. — 208 с.
14. Старостин Н.П., Аммосова О.А. Контактная сварка полиэтиленовых труб оплавлением при низких температурах окружающей среды. Математическое моделирование теплового процесса [Текст] / Сварочное производство. Старостин Н.П., Аммосова О.А. - 2007. № 4. С. 17-25
15. Контактная сварка полиэтиленовых труб оплавлением при низких температурах окружающей среды. Исследование процесса охлаждения [Текст] / Старостин Н.П., Аммосова О.А. // Сварочное производство. 2008. № 9. С. 31-34.
16. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов СП 42-103-2003. Изд. официальное. [Текст] – М.: ЗАО «Полимергаз», 2004. 86 с.
17. Малкин А.Я., Методы измерения механических свойств полимеров. [Текст] / Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. М.: Химия, 1978. 336 с.
18. Кайгородов Е.К., Каргин В.Ю. Влияние скорости охлаждения полиэтиленового сварного шва на его прочность [Текст] // Трубопроводы и экология. 2001. № 2. С. 13-14
19. Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-4.12-05. –

На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93 ; чинний від 2005-02-26. – К. : Держнагляд охорони праці України, 2005. – URL: <http://zak-n.rada.g-v.ua/laws/sh-w/z0231-05>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

20 ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. : ГОСТ 12.0.003-74\*. – Введ. 1976-01-01. – М. : Госстандарт СССР, 1974. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт)

21 Категорійність трубопроводів пари і гарячої води. Категорії технологічних та магістральних трубопроводів [Електронний ресурс] © 2018 brik-master.ru . – Режим доступу: <https://brik-master.ru/heating/category-of-pipelines-of-steam-and-hot-water-categories-of-technological-and-main-pipelines.html>

22. ДСТУ Б В.2.7-73-98 ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ Будівельні матеріали ТРУБИ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ДЛЯ ПОДАЧІ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://omul.org/info/dstu/file/gost2742.html>

23. Способи зварювання поліетиленових труб. Роз'ємні методи з'єднання. Загальні відомості про технологію [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zabtr.ru/pipe/welding-methods-for-polyethylene-pipes-detachable-connection-methods/>

24 Трубопроводи пари та води категорій. Категорії трубопроводів. Визначення категорії трубопроводу. Класифікація трубопроводів за категоріями і групами [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://abutpipes.com/pipelines-of-steam-and-water-categories-category-of-pipelines.html>

25. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : Державні санітарні норми та правила від 30.05.2014 р. № z0472-14. Редакція від: 30.05.2014. [Електронний ресурс]. - URL: <http://zak-n2.rada.g-v.ua/laws/sh-w/z0472-14>

26 Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-1.71-13. – Чинний від 2014-03-28. – К. : Міненерговугілля України, 2010. – URL: <http://zak-n.rada.g-v.ua/laws/show/z0327-14>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

27 ГОСТ 12.2.007.0-75\*. Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [Текст]. : ГОСТ 12.2.007.0-75\*. – Введ. 1978-01-01. – М. : Госстандарт СССР, 1975. – 18 с. – (Межгосударственный стандарт)

28 Правила улаштування електроустановок [Текст] : ПУЕ-2017. – На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21. – К. : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с. – (Правила)

29 . Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд [Текст] : ДБН В.2.5-27-2006. - Вид. офіц. - Вперше; введ. 2006-10-01. - К. : Мінбуд України, 2006. - 154 с. - (Державні будівельні норми України)

30. Правила безпечної експлуатації електроустановок Нормативно-правовий акт охорони праці [Текст] : НПАОП 40.1-1.01-97. – На заміну НАОП 1.1.10-1.01-85 ; чинний від 1997-10-06. – К. : Держнагляд охорони праці, 1997. – 97 с.

31. Грачева К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства [Текст] учебное пособие для вузов / Грачева К. А. - М.: Машиностроение, 1984.-312 с.

32. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов для студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» / Сост. Круглікова В.М., Биковський О.Г.. – Запоріжжє: ЗГТУ, 2017.–36 с.

33. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – Режим доступу: <http://zak-n2.rada.g-v.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми)

34. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст] : ДБН В.2.5-

67:2013. – На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України)

35. Правила пожежної безпеки в Україні [Текст] : НАПБ А.01.001-14. – На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30. – К. : МВС України, 2014. – 47 с. – (Нормативний акт пожежної безпеки)

36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою Національний стандарт України [Текст] : ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с.

37. Методические указания к выполнению курсовой работы и дипломному проектированию по организации и планированию производственного участка для студентов специальностей 0503, 0504 / Сост. М.Ф. Новиков, Л.К. Фатюха. – Запорожье: ЗМИ, 1986.–24 с.

38. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов [Текст]: «Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». / Красовский А.И. –М.: Машиностроение, 1980.– 319с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	КРАСТЕЛЬ П. П.	
Провер.	БЕРЕЖНИЙ С. П.	
Н. контр.	Нетребко В. В.	
Листов 3		Лист 1

ГКИЮ 100818.00		ДП	
----------------	--	----	--

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
 ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

УТВЕРЖДАЮ

20.12.2018

Нормоконтроль

Дата

Внедрен в производство

Акт № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Нетребко В. В.

Зав. кафедрой ОТСП

Дата 20.12.2018

Комплект документов

соответствует

ТД

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
													Листов	3	Лист	2			
Разраб.			КРАСТЕЛЬ ПІ																
Пров.			Березиний С.																
Н. контр.			Метребко В.																
										ГКИЮ 100 818.000									
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код. наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт					
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх					
01	Теоретична підготовка				Ст. наук. слівроб.					20									
02																			
03	Обрунтування висновкт.				Ст. наук. слівроб					15									
04																			
05	Розв'язання методичек та устаткування				Лаб. наук. слівроб					2									
06																			
07																			
08	Випробування зразків на розрив та згин				Лаборант					3									
09																			
10	Машинка 2166P-5																		
11																			
12	Фосфатне засу нагріву				Лаборант					20									
13	при різних температурах																		
14	мелітост																		
15	машинка 2166P-5;																		
16	Камера ККБ 1-ТАГ 2522																		
17	Устаткування КЛ5000-Р2																		
18																			
19	Випробування зразків на удар				Лаборант					5									
20																			
21	Стелі дослідит																		

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов	3	Лист	3
Разраб.			Крвстель МІ											
Пров.			Берешинський											ГКІЮ 100818,00
Н. контр.			Кетрико В.В.											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
22	Дробацке технології				М. Н. Сивродітчик									20
23														
24	Обробка якості зієрмиць				С. Н. Сивродітчик									7
25														
26	Обробка регуляторів				С. Н. Сивродітчик									20
27	дослідження, складання													
28	полієлектрової записки													
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														